

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 802 390 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**18.10.2000 Patentblatt 2000/42**

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

(21) Anmeldenummer: **96118039.5**

(22) Anmeldetag: **11.11.1996**

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

Method for identifying a corrected desintegration 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 100096**

(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 0 802 390 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 Anspruchs 1.

**[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 Auswertelektronik 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 Zeitzündler 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 Zeitzündler 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 Subprojekte im Zerlegungszeitpunkt das Erwartungsgebiet des Zieles von einer durch die Subprojekte gebildeten Wolke belegt ist. Bei der Zerlegung eines solchen Geschosses wird der die Subprojekte tragende Teil abgetrennt und an Sollbruchstellen aufgerissen. Die ausgestossenen Subprojekte 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 Treff- bzw. Abschusswahrscheinlichkeit 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 Subprojekte jedoch kleiner werden. Bei kleineren Zerlegungszeiten tritt der umgekehrte Fall ein: Die Dichte der Subprojekte 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 Patentanspruch 1 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 den Schiesserelementen des Treffpunktes für die Steuerung der Waffe, nämlich den Geschützwinkeln  $\alpha$ ,  $\lambda$ , der Trefferzeit  $T_f$  und der Vorhaltgeschwindigkeit  $V_0$  des Geschosses. Damit ist die Möglichkeit einer einfachen, einen minimalen Aufwand erfordernden Integration in bereits bestehende Waffensteuerungssysteme gegeben.

**[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 Subprojekten 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 und eine Vorhalt-Recheneinheit 9 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 Z wie Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung usw. an die Vorhalt-Recheneinheit 9 weiterleitet. 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, eine Aufdatierungs-Recheneinheit 11 und eine Korrektur-Recheneinheit 12 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 Programmierter 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 Auslöseeinrichtung 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 Programmierter 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 I ist 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 m<sup>2</sup> 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 ist.

**[0014]** Die vorstehend beschriebene Vorrichtung arbeitet wie folgt:

**[0015]** Die Vorhalt-Recheneinheit 9 errechnet aus einer Vorhaltgeschwindigkeit VOv und den Zieldaten Z unter Berücksichtigung von meteorologischen Daten bei Geschossen mit Primär- und Sekundärballistik eine Treffdistanz RT.

**[0016]** Die Vorhaltgeschwindigkeit VOv wird beispielsweise aus dem Mittelwert einer Anzahl über die Data-Transmission 17 zugeführter gemessener Geschossgeschwindigkeiten Vm gebildet, die der aktuellen gemessenen Geschossgeschwindigkeit Vm unmittelbar vorhergehen.

**[0017]** Aufgrund einer vorgegebenen Zerlegungsstanz  $Dz$  und unter Berücksichtigung der von einer Trefferzeit  $Tf$  abhängigen Geschwindigkeit  $Vg(Tf)$  kann eine Zerlegungszeit  $Tz$  des Geschosses nach folgenden Beziehungen ermittelt werden:

$$Dz = Vg(Tf) * ts$$

und

$$Tz = Tf - ts$$

worin  $Vg(Tf)$  durch ballistische Approximation bestimmt ist und  $Tz$  die Flugzeit des Geschosses bis zum Zerlegungszeitpunkt  $Pz$ , sowie  $ts$  die Flugzeit eines in der Geschossrichtung fliegenden Subprojektils vom Zerlegungspunkt  $Pz$  bis zum Treffpunkt  $Pf$  bedeuten (**Fig. 3, 4**)

**[0018]** Die Vorhalt-Recheneinheit **9** ermittelt ferner einen Geschützwinkel  $\alpha$  des Azimutes und einen Geschützwinkel  $\lambda$  der Elevation. Die Größen  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tf$  und  $VOv$  werden als Schiesselemente des Treffpunktes bezeichnet und über die Data-Transmission **17** der Korrektur-Recheneinheit **12** zugeführt. Die Schiesselemente  $\alpha$  und  $\lambda$  werden ausserdem noch dem Geschützservo **15** und die Schiesselemente  $VOv$  und  $Tf$  oder  $Tz$  noch der Aufdatier-Recheneinheit **11** zugeführt.

**[0019]** Die vorstehend beschriebenen Berechnungen werden taktweise wiederholt durchgeführt, so dass jeweils im aktuellen Takt  $i$  die neuesten Daten  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tz$  oder  $Tf$  und  $VOv$  für eine bestimmte Gültigkeitsdauer zur Verfügung stehen.

**[0020]** Zwischen den Taktwerten wird für die aktuellen (laufende) Zeit ( $t$ ) jeweils interpoliert bzw. extrapoliert.

**[0021]** Die Korrektur-Recheneinheit **12** errechnet am Anfang eines jeden Taktes  $i$  mit dem jeweils neuesten Satz Schiesselemente  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tz$  oder  $Tf$  und  $VOv$  einen Korrekturfaktor  $K$ , zu welchem Zweck wie nachstehend näher beschrieben eine Bestimmungsgleichung für den Korrekturfaktor  $K$  entwickelt wird.

**[0022]** In einer Definition des Korrekturfaktors  $K$

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

ist  $\vec{v}_{rel}$  die relative Geschwindigkeit zwischen Geschoss und Ziel und  $(\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o})$  die Ableitung der Geschossposition nach dem Betrag der Anfangsgeschwindigkeit. Bei Annahme einer gestreckten Ballistik, bei der die Richtung des Vektors  $\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}$  ungefähr gleich der Richtung des Geschützrohres **13** ist kann

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)}{\|\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)\|} \quad \text{Gl.9}$$

gesetzt werden. Hierbei wird der Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_o$  in Rohrrichtung als konstant angenommen. Das heisst  $TG = TG(t_o)$  und

$$\vec{P}os = \vec{P}os(t_o)$$

Zu beachten ist jedoch, dass  $\vec{v}_o = \vec{v}_o(t_o)$  wegen der Bewegung des Geschützrohres **13** trotzdem von der Zeit abhängig ist, was durch die ballistische Lösung

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \quad , \quad t \mapsto \vec{v}_G(t, \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o))$$

ausgedrückt wird. Die Treffbedingung lautet dann

$$\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) = \vec{p}_Z(t_o + TG(t_o)) .$$

Gl.10

5 Die Ableitung der Gleichung Gl.10 nach  $t_o$  liefert

$$\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) + \vec{C} , \quad \text{Gl.11}$$

was eine Zerlegung der Zielgeschwindigkeit in die Geschossgeschwindigkeit und einen Vektor  $\vec{C}$  darstellt, wobei

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right) \cdot \vec{C} = & D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o) \\ & + D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \end{aligned} \quad \text{Gl.11.1}$$

ist. Aus der allgemeinen Theorie ist bekannt, dass unter den gegebenen Voraussetzungen der Ausdruck in Gleichung Gl.11.1

$$D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \approx Id$$

ist. Ausserdem ist die Rohrgeschwindigkeit

$$\frac{\partial \vec{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o)$$

klein, so dass der Vektor

$$D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o)$$

in Gleichung Gl.11.1 als vernachlässigbar klein betrachtete werden darf. Nach der allgemeinen Definition der Ableitung gilt für  $D_3$  in Gleichung Gl.11.1

$$\begin{aligned} & D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \\ = & \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))}{h} . \end{aligned} \quad \text{Gl.12}$$

Bei Vernachlässigung der Elevation des Geschützrohres 13 ist

$$\begin{aligned} & \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{P}_{os}(t_o)\| \\ &= \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) - \vec{P}_{os}(t_o)\|, \end{aligned}$$

so dass sich annähernd

$$\|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))\| = \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

ergibt. Der Punkt  $\vec{p}_G(TG(t_o),$

$$\vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$$

bewegt sich somit annähernd auf einer Kreisbahn in einer Ebene (Drehebene), welche durch die Vektoren  $\vec{p}_G(TG(t_o),$

$$\vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$$

aufgespannt wird. Damit kann für Gleichung Gl.12

$$D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) = \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))$$

geschrieben werden, wobei  $\vec{\omega}$  der Drehvektor senkrecht zur Drehebene ist. Hierbei wird angenommen, dass die Winkelgeschwindigkeit des Geschützrohres 13 um seine momentane Drehachse dem Betrag nach gleich der Winkelgeschwindigkeit der  $\vec{p}_G(TG(t_o),$

$$\vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$$

ist, so dass sich

$$\omega := \|\vec{\omega}\| = \frac{\|\dot{\vec{P}}_{os}(t_o)\|}{\|\vec{P}_{os}(t_o)\|} = \sqrt{(\dot{\alpha}(t_o) \cdot \cos(\lambda(t_o)))^2 + (\dot{\lambda}(t_o))^2} \quad \text{Gl.13}$$

ergibt. Unter der zusätzlichen Annahme, dass im Fall gestreckter Ballistik die Geschossgeschwindigkeit ungefähr parallel zur Zielrichtung ist, das heisst

$$\langle \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \rangle = 0 \quad \text{Gl.14}$$

ist, wird aus Gleichung Gl.11 eine die Zerlegung der Zielgeschwindigkeit in zwei orthogonale Komponenten ausdrückende Gleichung Gl.15 gewonnen:

$$\begin{aligned} \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) &= \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \\ &+ \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) . \end{aligned} \quad \text{Gl.15}$$

Durch Einsetzen der Gleichung Gl.9 in Gleichung Gl.8 und unter Berücksichtigung der Definition für  $\vec{v}_{rel}(\vec{v}_o)$

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

und der Definitionen

$$p_G := \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

$$v_G := \|\vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

$$v_Z := \|\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o))\|$$

ergibt sich

$$K = - \frac{v_G^2 - \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle}{v_G^2 - 2 \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle + v_Z^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} .$$

**[0023]** Aus den Gleichungen Gl.14 und Gl.15 folgt unter Berücksichtigung der Definitionen für  $p_G, v_G$  und  $v_Z$

$$\langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot v_G^2 ,$$

sowie

$$v_Z^2 = \left( \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 \cdot v_G^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2} ,$$

so dass

$$\begin{aligned}
 K &= - \frac{v_G^2 \cdot \left(1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}\right)}{v_G^2 \cdot \left(1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}\right)^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right)^2}} \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} \\
 &= - \frac{v_G^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}}{v_G^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}\right)^2 + \omega^2 \cdot p_G^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}\right)^2} \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}
 \end{aligned}
 \tag{Gl.16}$$

wird. Durch Kürzen mit

$$\frac{v_G^2}{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right)^2}$$

wird Gleichung Gl.16 vereinfacht, wobei sich der Korrekturfaktor K zu

$$K = - \frac{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{\frac{p_G^2}{v_G^2} \cdot \omega^2} \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} \tag{Gl. 17}$$

ergibt. In Gleichung Gl.17 kann die Ableitung der Flugzeit  $\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)$  von der Feuerleitung 1 mittels verschiedener mathematischer Methoden berechnet werden. Nach Gleichung Gl.13 ist  $\omega^2$  eine bekannte Funktion von  $\dot{\alpha}(t_o)$ ,  $\lambda(t_o)$  und  $\dot{\lambda}(t_o)$ . Diese Grössen können entweder berechnet oder direkt am Geschütz 2 gemessen werden.

**[0024]** Die Grössen  $\frac{p_G}{v_G^2}$  und

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}$$

sind durch die Ballistik gegeben. Es sind Funktionen in erster Ordnung der Flugzeit und in zweiter Ordnung der Rohrelevation, welche vernachlässigbar sein kann. Für die Ermittlung dieser Grössen kann beispielsweise eine Lösung nach d'Antonio angewendet werden. Dieser Ansatz liefert

$$\frac{p_G}{v_G} = TG(t_o) \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\|} \cdot \|\vec{v}_n\| \cdot TG(t_o)\right) \tag{Gl.18}$$

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} = \frac{TG(t_o) \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\|} \cdot \|\vec{v}_n\| \cdot TG(t_o)\right)}{\|\vec{v}_o(t_o)\|}, \tag{Gl.19}$$

wobei

$$q := c \omega_n \cdot \frac{\text{Luftdichte} \cdot \text{Geschossquerschnitt}}{2 \cdot \text{Geschossmasse}}$$

ist und  $\vec{v}_n$  eine Geschwindigkeit (nominelle Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses) bedeutet, die sich auf den cw-Wert bezieht. Durch Einsetzen der Gleichungen Gl.18 und Gl.19 in Gleichung Gl.17 ergibt sich der Korrekturfaktor K zu

$$K = - \frac{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}\right) \cdot TG \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right)}{1 + (TG \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right))^2 \cdot ((\dot{\alpha} \cdot \cos(\lambda))^2 + (\dot{\lambda})^2) \cdot v_G},$$

wobei die Grössen  $TG$ ,  $\frac{\partial TG}{\partial t_o}$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $\dot{\alpha}$ ,  $\dot{\lambda}$  und  $\vec{v}_o$  sich auf den Zeitpunkt  $t_o$  beziehen.

**[0025]** Die vorstehend angewendete mathematische bzw. physikalische Notation bedeutet:

|    |                                                     |                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | $\vec{v}$                                           | ein Vektor                                                                                      |
|    | $\ \vec{v}\ $                                       | Norm des Vektors                                                                                |
|    | $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle$                  | Skalarprodukt                                                                                   |
|    | $\vec{u} \times \vec{v}$                            | Vektorprodukt                                                                                   |
|    | $Id$                                                | Einheitsmatrix                                                                                  |
| 15 | $\cdot$                                             | 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                                                                   |
| 20 | $D_i g(x_1, \dots, x_n)$                            | 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                                                       |
|    | $\lim_{h \rightarrow 0} A(h)$                       | Limes des Ausdruckes A für h gegen 0                                                            |
|    | $\inf_t M$                                          | Infimum der Menge M über alle t                                                                 |
|    | $\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$                   | Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Geschosses                                        |
| 25 | $\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$                   | 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                                                                        |
|    | $\alpha, \lambda$                                   | Azimut und Elevation des Geschützrohres                                                         |
|    | $\vec{v}_o$                                         | Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses                                                   |
| 30 | $v_o$                                               | Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit der Geschosses in Rohr-<br>richtung    |
|    | $v_m$                                               | Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohr-<br>richtung |
|    | $TG$                                                | Vorhalt Flugzeit des Geschosses                                                                 |
| 35 | $t^*$                                               | Flugzeit des Geschosses                                                                         |
|    | $t_o$                                               | Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert.                                         |

**[0026]** 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

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

**[0027]** Die korrigierte Zerlegungszeit  $T_z(V_m)$  wird je nach Zeitgültigkeit für die aktuelle laufende Zeit t interpoliert bzw. extrapoliert. Die neu 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.

**[0028]** Mit der Korrektur der Zerlegungszeit  $T_z$  kann die Zerlegungsstanz  $D_z$  (Fig.3,4) unabhängig von den Streuungen der Geschossgeschwindigkeit gleichbleibend gehalten werden, so dass eine optimale Treff-bzw. Abschuss-wahrscheinlichkeit erzielt werden kann.

**[0029]** Anstatt Gleichung Gl.9, kann bei Annahme gestreckter Ballistik auch

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{Pos}(t_o)}{\|\vec{Pos}(t_o)\|}$$

gesetzt werden, wobei dieser Ansatz in erster Ordnung bei Berücksichtigung der Fallwinkel für eine kurze Ballistik zum gleichen Ergebnis für den Korrekturfaktor K führt.

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Zerlegungszeit (**Tz(Vm)**) eines aus einem Geschützrohr (**13**) abgeschossenen, programmier zerlegbaren Geschosses (**12**), zwecks gleichbleibend Halten einer gegebenen Zerlegungs-  
distanz (**Dz**) zwischen einem Zerlegungspunkt (**Pz**) des Geschosses (**12**) und einem Treffpunkt (**Pf**) 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 Zerlegungs-  
distanz (**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

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

bestimmt wird, in welcher Beziehung

Tz (Vm) die korrigierte Zerlegungszeit,  
Tz die ursprünglich festgelegte Zerlegungszeit,  
K einen Korrekturfaktor,  
Vm die aktuelle gemessene Geschoss-  
geschwindigkeit an der Mündung und  
Vov eine Vorhaltgeschwindigkeit des Geschosses bedeuten.

- wobei der Korrekturfaktor (K) ausgehend von der Definition

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

und der Ableitung der Geschossposition nach dem Betrag der Anfangsgeschwindigkeit bei Annahme einer gestreckten Ballistik

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{v}_G(TG, \vec{P}_{os_o}, v_o)}{\|\vec{v}_G(TG, \vec{P}_{os_o}, v_o)\|} \quad \text{Gl.9}$$

sowie der ballistischen Lösung

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \quad t \mapsto \vec{v}_G(t, \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))$$

und der Treffbedingung

$$\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) = \vec{p}_Z(t_o + TG(t_o)) \quad \text{Gl.10}$$

durch folgende Berechnungsschritte in Beziehung zu einer Flugzeit (TG) des Geschosses, den Geschützswinkeln ( $\alpha, \lambda$ ) und der Vorhaltgeschwindigkeit gesetzt wird,

- differenzieren der Gleichung Gl.10 nach der Zeit  $t_o$  liefert

$$\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) + \vec{C} , \quad \text{Gl.11}$$

wobei Gleichung Gl.11 eine Zerlegung der Zielgeschwindigkeit in die Geschossgeschwindigkeit und einen Vektor ( $\vec{C}$ ) darstellt, und wobei

$$\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right) \cdot \vec{C} = D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o) + D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \quad \text{Gl.11.1}$$

ist,

- vernachlässigen des Ausdrucks

$$D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o)$$

in Gleichung Gl.11.1,

- definieren der Ableitung  $D_3$  in Gleichung Gl.11.1

$$D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))}{h} , \quad \text{Gl.12}$$

- vernachlässigen der Elevation des Geschützrohres (13), wobei

$$\begin{aligned} & \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{P}_{os}(t_o)\| \\ &= \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) - \vec{P}_{os}(t_o)\| \end{aligned}$$

ist und sich annähernd

$$\|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))\| = \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

ergibt, so dass Gleichung Gl.12 als

$$D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) = \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))$$

geschrieben werden kann, wobei  $\vec{\omega}$  ein Drehvektor senkrecht zu einer Drehebene ist,

- voraussetzen, dass die Winkelgeschwindigkeit des Geschützrohres (13) um seine momentane Drehachse dem Betrag nach gleich der Winkelgeschwindigkeit der  $\vec{p}_G(TG(t_o),$

$$\vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$$

ist, so dass sich

$$\omega := \|\vec{\omega}\| = \frac{\|\dot{\vec{P}}_{os}(t_o)\|}{\|\vec{P}_{os}(t_o)\|} = \sqrt{(\dot{\lambda}(t_o) \cdot \cos(\lambda(t_o)))^2 + (\dot{\lambda}(t_o))^2} \quad \text{Gl.13}$$

ergibt,

- voraussetzen, dass bei gestreckter Ballistik die Geschossgeschwindigkeit ungefähr parallel zur Zielrichtung ist, das heisst

$$\langle \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \rangle = 0 \quad \text{Gl.14}$$

ist und aus Gleichung Gl.11 eine die Zerlegung der Zielgeschwindigkeit in zwei orthogonale Komponenten ausdrückende Gleichung Gl.15 gewonnen wird

$$\begin{aligned} \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) &= \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \\ &+ \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \end{aligned} \quad \text{Gl.15}$$

- einsetzen von Gleichung Gl.9 in Gleichung Gl.8 unter Berücksichtigung der Definition von

$$\vec{v}_{rel}(v_m) := \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{os}, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*(v_m))$$

und der Definitionen

$$p_G := \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

$$v_G := \|\vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\|$$

$$v_Z := \|\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o))\|$$

ergibt

$$K = - \frac{v_G^2 - \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle}{v_G^2 - 2 \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle + v_Z^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G},$$

- berücksichtigen der Definitionen für  $p_G$ ,  $v_G$  und  $v_Z$  ergibt aus Gleichung Gl.14 und Gl.15

$$\langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot v_G^2,$$

sowie

$$v_Z^2 = \left( \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 \cdot v_G^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2},$$

so dass

$$\begin{aligned} K &= - \frac{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)}{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2}} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \\ &= - \frac{v_G^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}}{v_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \omega^2 \cdot p_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \end{aligned} \quad \text{Gl.16}$$

wird,

- kürzen von Gleichung Gl.16 mit

$$\frac{v_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2},$$

so dass sich der Korrekturfaktor (K) zu

$$K = - \frac{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}}{1 + \frac{\rho_G}{v_G^2} \cdot \omega^2} \quad \text{Gl.17}$$

ergibt, 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                           |
| $\vec{P}_{os}$                                | Position der Rohrmündung                                                                   |
| $\alpha, \lambda$                             | Azimut und Elevation des Geschützrohres                                                    |
| $\vec{v}_o$                                   | Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses                                              |
| $\vec{v}_o$                                   | Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung    |
| $\vec{v}_m$                                   | 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.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grössen  $\frac{\rho_G}{v_G^2}$  und

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}$$

der Gleichung Gl.17 nach den Gleichungen

$$\frac{\rho_G}{v_G} = TG(t_o) \cdot \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \cdot \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o) \right) \quad \text{Gl.18}$$

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} = \frac{TG(t_o) \cdot \left( 1 + \frac{1}{4} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \cdot \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o) \right)}{\|\vec{v}_o(t_o)\|} \quad \text{Gl.19}$$

ermittelt werden, wobei

$$q := c\omega_n \cdot \frac{\text{Luftdichte} \cdot \text{Geschossquerschnitt}}{2 \cdot \text{Geschossmasse}}$$

und

$\vec{v}_n$  eine Geschossgeschwindigkeit ist, die sich auf den cw-Wert bezieht, und

dass die Gleichungen Gl.18 und Gl.19 in Gleichung Gl.17 eingesetzt werden, wobei sich

$$K = \frac{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}\right) \cdot TG \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right)}{1 + (TG \cdot (1 + \frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG))^2 \cdot ((\dot{\alpha} \cdot \cos(\lambda))^2 + (\dot{\lambda})^2) \cdot v_G}$$

ergibt.

## 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 ( $K$ ) - which is based upon the definition

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

and the derivative of the projectile's position according to the amount of initial velocity, assuming a flat trajectory

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)}{\|\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)\|} \quad \text{Equation 9}$$

and also upon the ballistic solution

$$t \mapsto \bar{p}_G(t, \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) , \quad t \mapsto \bar{v}_G(t, \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o))$$

and the strike condition

$$\bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) = \bar{p}_Z(t_o + TG(t_o)) \quad \text{Equation 10}$$

- is found by the following calculation steps in relation to a flight time (TG) of the projectile, the gun angles ( $\alpha$ ,  $\lambda$ ), and the predicted velocity:
- differentiating Equation 10 with respect to time  $t_o$ , to give

$$\bar{v}_Z(t_o + TG(t_o)) = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) + \bar{C} , \quad \text{Equation 11}$$

where Equation 11 represents a breakdown of target speed into a projectile velocity and a vector( $\bar{C}$ ), and where

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right) \cdot \bar{C} &= D_2 \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \bar{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o) \\ &\quad + D_3 \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \bar{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \end{aligned} \quad \text{Equation 11.1}$$

- disregarding the expression

$$D_2 \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \bar{P}_{os}}{\partial t_o}(t_o)$$

in Equation 11.1,

- defining the derivative  $D_3$  in Equation 11.1

$$\begin{aligned} &D_3 \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \bar{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o + h)) - \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o))}{h} , \end{aligned} \quad \text{Equation 12}$$

- disregarding the elevation of the gun-barrel (13) so that

$$\begin{aligned} & \| \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o + h)) - \bar{P}_{os}(t_o) \| \\ &= \| \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) - \bar{P}_{os}(t_o) \| \end{aligned}$$

and as an approximation

$$\| \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o + h)) \| = \| \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \|$$

and so that Equation 12 can be written as

$$D_3 \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \bar{v}_o}{\partial t_o}(t_o) = \bar{\omega} \times \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o))$$

where  $\bar{\omega}$  is a rotating vector perpendicular to a plane of rotation,

- assuming that the angular velocity of the gun-barrel (13) about its instantaneous axis of rotation is equal in magnitude to the angular velocity of  $\bar{p}_G(TG(t_o))$ ,

$$\bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o + h))$$

so that

$$\omega := \|\bar{\omega}\| = \frac{\|\dot{\bar{P}}_{os}(t_o)\|}{\|\bar{P}_{os}(t_o)\|} = \sqrt{(\dot{\alpha}(t_o) \cdot \cos(\lambda(t_o)))^2 + (\dot{\lambda}(t_o))^2}$$

Equation 13

- assuming that in the case of a flat trajectory the velocity of the projectile is approximately parallel with the target direction, i.e. that

$$\langle \bar{\omega} \times \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)), \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \rangle = 0 \quad \text{Equation 14}$$

and an equation (Equation 15) expressing the breakdown of the target velocity into two orthogonal components is derived from Equation 11:

$$\begin{aligned} \bar{v}_Z(t_o + TG(t_o)) &= \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)) \\ &+ \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \bar{\omega} \times \bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}_{os}(t_o), \bar{v}_o(t_o)), \end{aligned} \quad \text{Equation 15}$$

- inserting Equation 9 into Equation 8, taking into account the definition for

$$\bar{v}_{rel}(v_m) := \bar{v}_G(t^*(v_m), \bar{P}os_o, v_m) - \bar{v}_Z(t_o + t^*(v_m))$$

and the definitions

$$p_G := \|\bar{p}_G(TG(t_o), \bar{P}os(t_o), \bar{v}_o(t_o))\|$$

$$v_G := \|\bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}os(t_o), \bar{v}_o(t_o))\|$$

$$v_Z := \|\bar{v}_Z(t_o + TG(t_o))\|$$

to yield

$$K = -\frac{v_G^2 - \langle \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}os(t_o), \bar{v}_o(t_o)), \bar{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle}{v_G^2 - 2 \langle \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}os(t_o), \bar{v}_o(t_o)), \bar{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle + v_Z^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \bar{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G},$$

- taking into account the definitions for  $p_G$ ,  $v_G$  and  $v_Z$ , to obtain from Equations 14 and 15

$$\langle \bar{v}_G(TG(t_o), \bar{P}os(t_o), \bar{v}_o(t_o)), \bar{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot v_G^2,$$

and

$$v_Z^2 = \left( \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 \cdot v_G^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2},$$

, so that

$$\begin{aligned} K &= -\frac{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)}{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2}} \cdot \frac{\|\frac{\partial \bar{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \\ &= -\frac{v_G^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}}{v_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \omega^2 \cdot p_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \bar{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \end{aligned}$$

Equation 16

- cancelling

$$\frac{v_G^2}{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right)^2}$$

in Equation 16 so that the correction factor  $K$  becomes

$$K = - \frac{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{p_G^2}{v_G^2} \cdot \omega^2} \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} \quad \text{Equation 17}$$

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                                                                             |
| $\alpha, \lambda$                             | the azimuth and elevation of the gun-barrel                                                            |
| $\vec{v}_o$                                   | a 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.                           |

2. Method according to Claim 1, characterized in that the values of the variables  $\frac{p_G^2}{v_G^2}$  and

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}$$

of Equation 17 are given by the equations

$$\frac{p_G}{v_G} = TG(t_o) \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o)\right) \quad \text{Equation 18}$$

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} = \frac{TG(t_o) \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o)\right)}{\|\vec{v}_o(t_o)\|} \quad \text{Equation 19}$$

where

$$q := c\omega_n \cdot \frac{\text{air density} \cdot \text{projectile cross-section}}{2 \cdot \text{projectile mass}}$$

and  $\vec{v}_n$  stands for a velocity of the projectile that relates to the aerodynamic drag factor and in that Equations 18 and 19 are inserted into Equation 17, so that

$$K = - \frac{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}\right) \cdot TG \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right)}{1 + \left(TG \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right)\right)^2 \cdot ((\dot{\alpha} \cdot \cos(\lambda))^2 + (\dot{\lambda})^2) \cdot v_G}$$

## 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

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

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), en partant de la définition

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

et de la dérivation de la position du projectile, est donné en fonction du montant de la vitesse de départ en supposant une balistique tendue

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)}{\|\vec{v}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)\|} \quad \text{Eq. 9}$$

ainsi que de la résolution balistique

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

et de la condition d'impact

10

$$\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) = \vec{p}_Z(t_o + TG(t_o)) \quad \text{Eq. 10}$$

15 par les étapes de calcul suivantes en relation avec un temps de vol (TG) du projectile, les angles de pointage ( $\alpha, \lambda$ ) et la vitesse de dérivation,

- la dérivation de l'équation Eq. 10 selon le temps  $t_o$  donne

$$\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) + \vec{C} , \quad \text{Eq. 11}$$

25 où l'équation Eq. 11 représente une décomposition de la vitesse de l'objectif en une vitesse de projectile et un vecteur ( $\vec{C}$ ), et où

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)\right) \cdot \vec{C} = & D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{Pos}}{\partial t_o}(t_o) \quad \text{Eq. 11.1} \\ & + D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \end{aligned}$$

- on néglige l'expression

$$D_2 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{Pos}}{\partial t_o}(t_o)$$

dans l'équation Eq. 11.1,

- on définit la dérivée  $D_3$  dans l'équation Eq. 11.1

45

$$\begin{aligned} & D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) \quad \text{Eq. 12} \\ = & \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o))}{h} , \end{aligned}$$

- on néglige l'élévation du canon (13), où

55

$$\begin{aligned} & \| \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) - \vec{P}_{os}(t_o) \| \\ & = \| \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) - \vec{P}_{os}(t_o) \| \end{aligned}$$

ce qui donne approximativement

$$\| \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h)) \| = \| \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \|$$

si bien que l'équation Eq. 12 peut s'écrire de la façon suivante

$$D_3 \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \cdot \frac{\partial \vec{v}_o}{\partial t_o}(t_o) = \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o))$$

$\vec{\omega}$  étant un vecteur tournant perpendiculaire à un plan de rotation,

- en supposant que la vitesse angulaire du canon (13) autour de son axe de rotation instantané correspond, en terme de montant, à la vitesse angulaire de  $\vec{p}_G(TG(t_o))$ ,

$$\vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h) ,$$

on obtient

$$\omega := \|\vec{\omega}\| = \frac{\|\dot{\vec{P}}_{os}(t_o)\|}{\|\vec{P}_{os}(t_o)\|} = \sqrt{(\dot{\alpha}(t_o) \cdot \cos(\lambda(t_o)))^2 + (\dot{\lambda}(t_o))^2} \quad \text{Eq. 13}$$

- en supposant que, avec une balistique tendue, la vitesse du projectile est approximativement parallèle à la direction de l'objectif, cela signifie que

$$\langle \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \rangle = 0 \quad \text{Eq. 14}$$

et que l'on obtient à partir de l'équation Eq. 11 une équation Eq. 15 exprimant la décomposition de la vitesse d'objectif en deux composantes orthogonales

$$\begin{aligned} \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) &= \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) \\ &+ \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot \vec{\omega} \times \vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}_{os}(t_o), \vec{v}_o(t_o)) , \end{aligned} \quad \text{Eq. 15}$$

- on utilise l'équation Eq. 9 dans l'équation Eq. 8 en considérant la définition de

$$\vec{v}_{rel}(v_m) := \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*(v_m))$$

et les définitions

$$\begin{aligned} p_G &:= \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o))\| \\ v_G &:= \|\vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o))\| \end{aligned}$$

$$v_Z := \|\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o))\|$$

pour donner

$$K = - \frac{v_G^2 - \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle}{v_G^2 - 2 \langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle + v_Z^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G},$$

- on prend en compte les définitions de  $p_G$ ,  $v_G$  et  $v_Z$ , pour donner, à partir de l'équation Eq. 14 et Eq. 15

$$\langle \vec{v}_G(TG(t_o), \vec{P}os(t_o), \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_Z(t_o + TG(t_o)) \rangle = \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \cdot v_G^2,$$

et

$$v_Z^2 = \left( \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 \cdot v_G^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2},$$

d'où

$$\begin{aligned} K &= - \frac{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)}{v_G^2 \cdot \left( 1 - \frac{\frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \frac{\omega^2 \cdot p_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2}} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \\ &= - \frac{v_G^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}}{v_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2 + \omega^2 \cdot p_G^2 \cdot \left( \frac{1}{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)} \right)^2} \cdot \frac{\|\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o}\|}{v_G} \end{aligned} \quad \text{Eq. 16}$$

- on simplifie l'équation Eq. 16 avec

$$\frac{v_G^2}{\left( 1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o) \right)^2},$$

ce qui donne le facteur de correction (K)

$$K = - \frac{1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}(t_o)}{1 + \frac{\rho_G^2}{v_G^2} \cdot \omega^2} \cdot \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} \quad \text{Eq. 17}$$

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                                       |
| $P_{os}$                                      | Position de la bouche du canon                                                                      |
| $\alpha, \lambda$                             | Azimut et élévation du canon                                                                        |
| $\vec{v}_o$                                   | Vitesse de dérivation de départ du projectile                                                       |
| $v_o$                                         | Montant de la composante de vitesse de dérivation de départ du projectile dans la direction du tube |
| $v_m$                                         | 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                                                                          |
| $t_o$                                         | Moment où le projectile passe la bouche du canon.                                                   |

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les grandeurs  $\frac{\rho_G^2}{v_G^2}$  et

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}$$

de l'équation Eq. 17 sont déterminées d'après les équations

$$\frac{\rho_G}{v_G} = TG(t_o) \cdot \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \cdot \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o) \right) \quad \text{Eq. 18}$$

$$\frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G} = \frac{TG(t_o) \cdot \left( 1 + \frac{1}{4} \cdot q \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o(t_o)\| \cdot \|\vec{v}_n\|} \cdot TG(t_o) \right)}{\|\vec{v}_o(t_o)\|} \quad \text{Eq. 19}$$

où

$$q := c\omega_n \cdot \frac{\text{densité d'air} \cdot \text{section du projectile}}{2 \cdot \text{poids du projectile}}$$

et

$\vec{v}_n$  est une vitesse du projectile qui se rapporte au coefficient cw, et

en ce que les équations Eq. 18 et Eq. 19 sont utilisées dans l'équation Eq. 17, pour donner

$$K = \frac{\left(1 + \frac{\partial TG}{\partial t_o}\right) \cdot TG \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG\right)}{1 + (TG \cdot (1 + \frac{1}{2} \cdot \varphi \cdot \sqrt{\|\vec{v}_o\| \|\vec{v}_n\|} \cdot TG))^2 \cdot ((\dot{\alpha} \cdot \cos(\lambda))^2 + (\dot{\lambda})^2) \cdot v_G}.$$

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

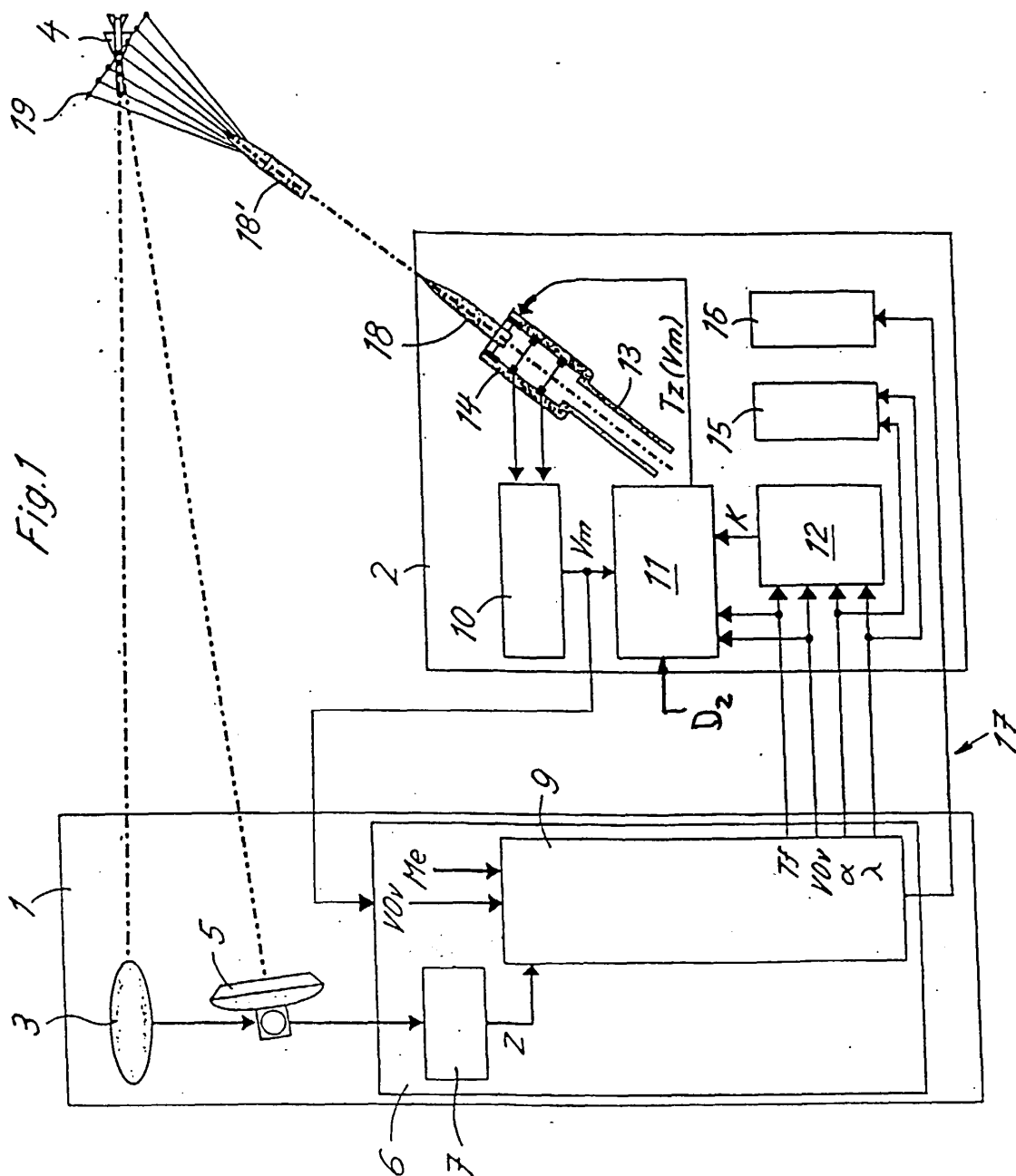


Fig. 2

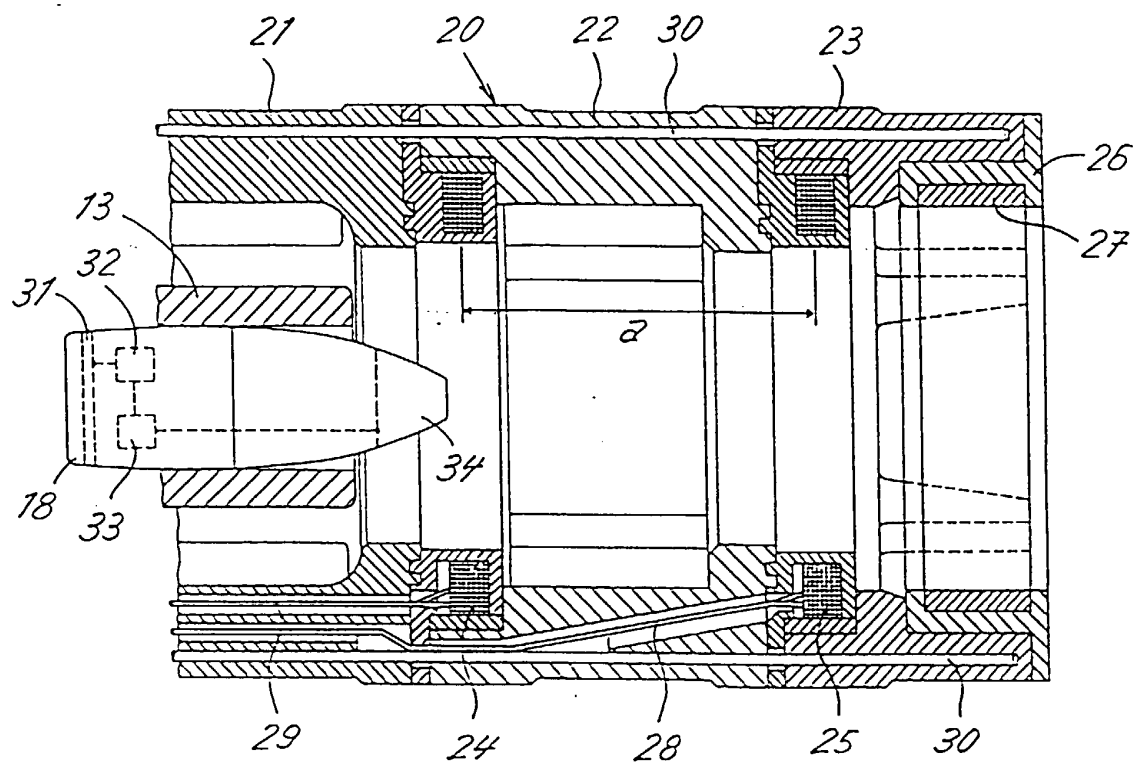


Fig. 3

