



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 802 390 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.10.1997 Patentblatt 1997/43

(51) Int. Cl.⁶: **F42C 17/04**

(21) Anmeldenummer: 96118039.5

(22) Anmeldetag: 11.11.1996

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

(30) Priorität: 19.04.1996 CH 1000/96

(71) Anmelder: **Oerlikon-Contraves AG**
8050 Zürich (CH)

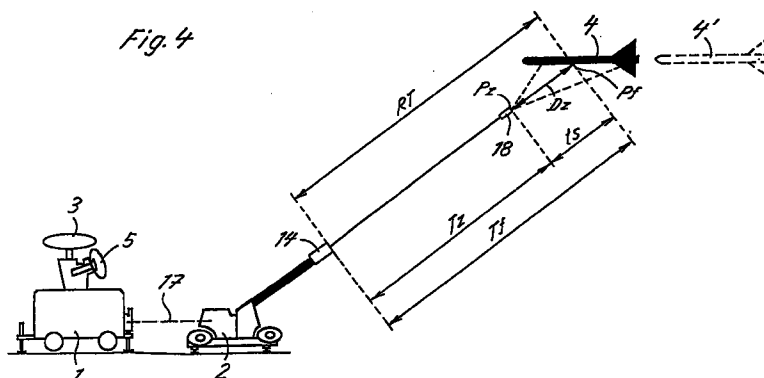
(72) Erfinder: **Boss, André**
8050 Zürich (CH)

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

(54) **Verfahren zur Ermittlung der Zerlegungszeit insbesondere eines Programmierbaren Geschosses**

(57) Mit diesem Verfahren kann die Treffwahrscheinlichkeit von programmierbaren Geschossen verbessert werden. Zu diesem Zweck wird eine gegebene optimale Zerlegungsdistanz (D_z) zwischen einem Zerlegungspunkt (P_z) des Geschosses (18) und einem Treffpunkt (P_f) des Zieles durch Korrektur der Zerlegungszeit (T_z) des Geschosses (18) gleichbleibend gehalten. Die Korrektur erfolgt, indem zur Zerlegungszeit (T_z) ein mit einer Geschwindigkeitsdiffe-

renz 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.



EP 0 802 390 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Berechnung der Zerlegungszeit insbesondere eines programmierbaren Geschosses, wobei der Berechnung mindestens eine aus Sensordaten ermittelte Treffdistanz zu einem Zielobjekt, eine an der Mündung eines Geschützrohres gemessene Geschossgeschwindigkeit und eine vorgegebene optimale Zerlegungs-
 5 distanz zwischen einem Treffpunkt und einem Zerlegungspunkt des Geschosses zugrunde gelegt ist.

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
 10 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
 15 Zeitzünder in Verbindung steht. Aus der errechneten Geschossgeschwindigkeit und einer aus Sensordaten ermittelten Treffdistanz 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 Zeitzünder eingestellt, so dass das Geschoss im Bereiche des Zielobjektes zerlegt werden kann.

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 ausgesto-
 20 senen 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 Treff- bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erreicht werden kann.

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 Zerlegungs-
 25 distanzen würde wohl die Kreisfläche grösser, die Dichte der Subprojektilen jedoch kleiner werden. Bei kleineren Zerlegungs- distanzen tritt der umgekehrte Fall ein: Die Dichte der Subprojektilen wäre grösser, die Kreisfläche jedoch kleiner.

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

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
 30 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.

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. Abschuss-
 35 wahr-scheinlichkeit 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 α , λ , der Treffzeit T_f und der Vorhaltgeschwindigkeit V_{0v} des Geschosses. Damit ist die Möglichkeit einer einfachen, einen minimalen Aufwand erfordernden Integration in bereits bestehende Waffensteuerungssysteme gegeben.

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 Programmiervorrichtung,

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**.

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-Rechen-einheit **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.

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 Aufdatier-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.

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 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.

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 **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.

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.

Die vorstehend beschriebene Vorrichtung arbeitet wie folgt:

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**.

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.

Aufgrund einer vorgegebenen Zerlegungsdistanz **Dz** und unter Berücksichtigung der von einer Treffzeit **Tf** abhän-

gigen Geschossgeschwindigkeit V_g (T_f) kann eine Zerlegungszeit T_z des Geschosses nach folgenden Beziehungen ermittelt werden:

$$D_z = V_g(T_f) \cdot t_s \text{ und } T_z = T_f - t_s$$

worin $V_g(T_f)$ durch ballistische Approximation bestimmt ist und T_z die Flugzeit des Geschosses bis zum Zerlegungszeitpunkt P_z , sowie t_s die Flugzeit eines in der Geschossrichtung fliegenden Subprojektils vom Zerlegungspunkt P_z bis zum Treffpunkt P_f bedeuten (Fig. 3, 4)

Die Vorhalt-Recheneinheit 9 ermittelt ferner einen Geschützswinkel α des Azimutes und einen Geschützswinkel λ der Elevation. Die Grössen α , λ , T_f und VO_v werden als Schiesselemente des Treffpunktes bezeichnet und über die Data-Transmission 17 der Korrektur-Recheneinheit 12 zugeführt. Die Schiesselemente α und λ werden ausserdem noch dem Geschützservo 15 und die Schiesselemente VO_v und T_f oder T_z noch der Aufdatier-Recheneinheit 11 zugeführt.

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 und VO_v für eine bestimmte Gültigkeitsdauer zur Verfügung stehen.

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

Die Korrektur-Recheneinheit 12 errechnet am Anfang eines jeden Taktes i mit dem jeweils neuesten Satz Schiesselemente α , λ , T_z oder T_f und VO_v einen Korrekturfaktor K , zu welchem Zweck wie nachstehend näher beschrieben eine Bestimmungsgleichung für den Korrekturfaktor K entwickelt wird.

In einer Definition des Korrekturfaktors K

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

ist $\vec{v}_{rel}$ die relative Geschwindigkeit zwischen Geschoss und Ziel und

$$\left(\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right)$$

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

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

gesetzt werden. Hierbei wird der Betrag der Komponente der VorhaltAnfangsgeschwindigkeit v_o in Rohrrichtung als konstant angenommen. Das heisst $TG = TG(t_o)$ und $\vec{Pos} = \vec{Pos}(t_o)$. 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

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

ausgedrückt wird. Die Treffbedingung lautet dann

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

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

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

ergibt. Der Punkt $\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$ bewegt sich somit annähernd auf einer Kreisbahn in einer Ebene (Drehebene), welche durch die Vektoren $\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$ aufgespannt wird. Damit kann für Gleichung Gl.12

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

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 $\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o + h))$ ist, so dass sich

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

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

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

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 $\vec{v}_{rel}(v_o)$

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

und der Definitionen

$$\begin{aligned} p_G &:= \|\vec{p}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\| \\ v_G &:= \|\vec{v}_G(TG(t_o), \vec{Pos}(t_o), \vec{v}_o(t_o))\| \\ v_Z &:= \|\vec{v}_Z(t_o + TG(t_o))\| \end{aligned}$$

ergibt sich

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

Aus den Gleichungen Gl.14 und Gl.15 folgt unter Berücksichtigung der Definitionen für p_G, v_G und v_Z

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

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

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

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

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

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 ω^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.

Die Grössen

$$\frac{p_G^2}{v_G^2} \text{ und } \left\| \frac{\partial p_G}{\partial v_o} \right\|$$

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

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

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

wobei

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

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

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

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.

Die vorstehend angewendete mathematische bzw. physikalische Notation bedeutet:

$\vec{v}$	ein Vektor
$\ \vec{v}\ $	Norm des Vektors
$\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle$	Skalarprodukt
$\vec{u} \times \vec{v}$	Vektorprodukt
I_d	Einheitsmatrix
$\cdot$	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
$\lim_{h \rightarrow 0} A(h)$	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

	$\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$	Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Zieles
	$\vec{p}_{rel}, \vec{v}_{rel}, \vec{a}_{rel}$	relative Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung Geschoss-Ziel
	P_{OS}	Position der Rohrmündung
	α, λ	Azimut und Elevation des Geschützrohres
5	$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
	v_o	Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit der Geschosses in Rohrrichtung
	v_m	Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
	TG	Vorhalt Flugzeit des Geschosses
10	t^*	Flugzeit des Geschosses
	t_o	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert.

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
 15 der von der Vorhalt-Recheneinheit 9 zugeführten Vorhaltgeschwindigkeit V_{ov} und Zerlegungszeit T_z eine korrigierte Zerlegungszeit $T_z(V_m)$ nach der Beziehung

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

20 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 Programmierteils 23 der Messvorrichtung 14 zugeführt und wie bereits vorstehend anhand der Fig.2 beschrieben induktiv auf ein vorbeifliegendes Geschoss 18 übertragen.

Mit der Korrektur der Zerlegungszeit T_z kann die Zerlegungsdistanz D_z (Fig.3,4) unabhängig von den Streuungen
 25 der Geschossgeschwindigkeit gleichbleibend gehalten werden, so dass eine optimale Treff-bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erzielt werden kann.

Anstatt Gleichung Gl.9, kann bei Annahme gestreckter Ballistik auch

$$30 \quad \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} = \left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\| \cdot \frac{\vec{P}_{os}(t_o)}{\|\vec{P}_{os}(t_o)\|}$$

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

Bezugszeichenliste

40	1	Feuerleitung
	2	Geschütz
	3	Suchsensor
	4	Ziel
	5	Folgesensor
45	6	Feuerleitungsrechner
	7	Hauptfilter
	9	Vorhalt-Recheneinheit
	10	Auswerteschaltung
	11	Aufdatierungs-Recheneinheit
50	12	Korrektur-Recheneinheit
	13	Geschützrohr
	14	Messvorrichtung
	15	Geschützservo
	16	Auslöseeinrichtung
55	17	Data-Transmission
	18	Geschoss
	18'	Geschoss
	19	Subprojektil
	20	Tragrohr

21	Erster Teil
22	Zweiter Teil
23	Dritter Teil
24	Ringspule
5 25	Ringspule
26	Spulenkörper
27	Sendespule
28	Leitung
29	Leitung
10 30	Weicheisenstäbe
31	Empfangsspule
32	Filter
33	Zähler
34	Zeitzünder
15 a	Abstand
Pz	Position des Zerlegungspunktes
F1-F4	Kreisflächen
C	Kegel
I	Erste Abzisse
20 II	Zweite Abzisse
Dz	Zerlegungsdistanz
RT	Treffdistanz
VOv	Vorhaltgeschwindigkeit
Vm	Aktuelle gemessene Geschossgeschwindigkeit
25 Tz	Zerlegungszeit
ts	Subprojektilflugzeit
Pf	Treffpunkt
α	Geschützwinkel
λ	Geschützwinkel
30 Tf	Treffzeit
TG	Flugzeit
Tz(Vm)	Korrigierte Zerlegungszeit
Me	Eingang (Meteo)
Z	Zieldaten

35
Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung der Zerlegungszeit eines programmierbaren Geschosses, wobei der Berechnung mindestens eine aus Sensordaten ermittelte Treffdistanz (RT) zu einem Zielobjekt, eine an der Mündung eines Geschützrohres (13) gemessene Geschossgeschwindigkeit (Vm) und eine gegebene Zerlegungsdistanz (Dz) zwischen einem Treffpunkt (Pf) und einem Zerlegungspunkt (Pz) des Geschosses (18) zugrunde gelegt ist, dadurch gekennzeichnet,
dass die gegebene Zerlegungsdistanz (Dz) durch Korrektur der Zerlegungszeit (Tz) konstant gehalten wird, wobei die Korrektur durch die Beziehung

45
$$Tz(Vm) = Tz + K * (Vm - Vov)$$

erfolgt, und wobei

- 50 Tz (Vm) die korrigierte Zerlegungszeit,
Tz die Zerlegungszeit,
K einen Korrekturfaktor,
Vm die aktuelle gemessene Geschossgeschwindigkeit und
VOv eine Vorhaltgeschwindigkeit des Geschosses bedeuten.

- 55
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass 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

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

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 Geschützwinkeln (α, λ) 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 Geschosseschwindigkeit und einen Vektor $(\vec{C})$ darstellt, und wobei

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

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

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

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

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

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

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

ergibt

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

- 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

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

wird,

- 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

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

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
$\vec{POS}$	Position der Rohrmündung
α, λ	Azimut und Elevation des Geschützrohres
$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
v_o	Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohr- richtung
v_m	Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohr- richtung
TG	Vorhalt-Flugzeit des Geschosses
t^*	Flugzeit des Geschosses
t_o	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert bedeuten.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Grössen

$$\frac{p_G^2}{v_G^2} \quad \text{und} \quad \frac{\left\| \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \right\|}{v_G}$$

der Gleichung Gl.17 nach den Gleichungen

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

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

ermittelt werden, wobei

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

und

$\vec{v}_n$ eine Geschosseschwindigkeit 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

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

ergibt.

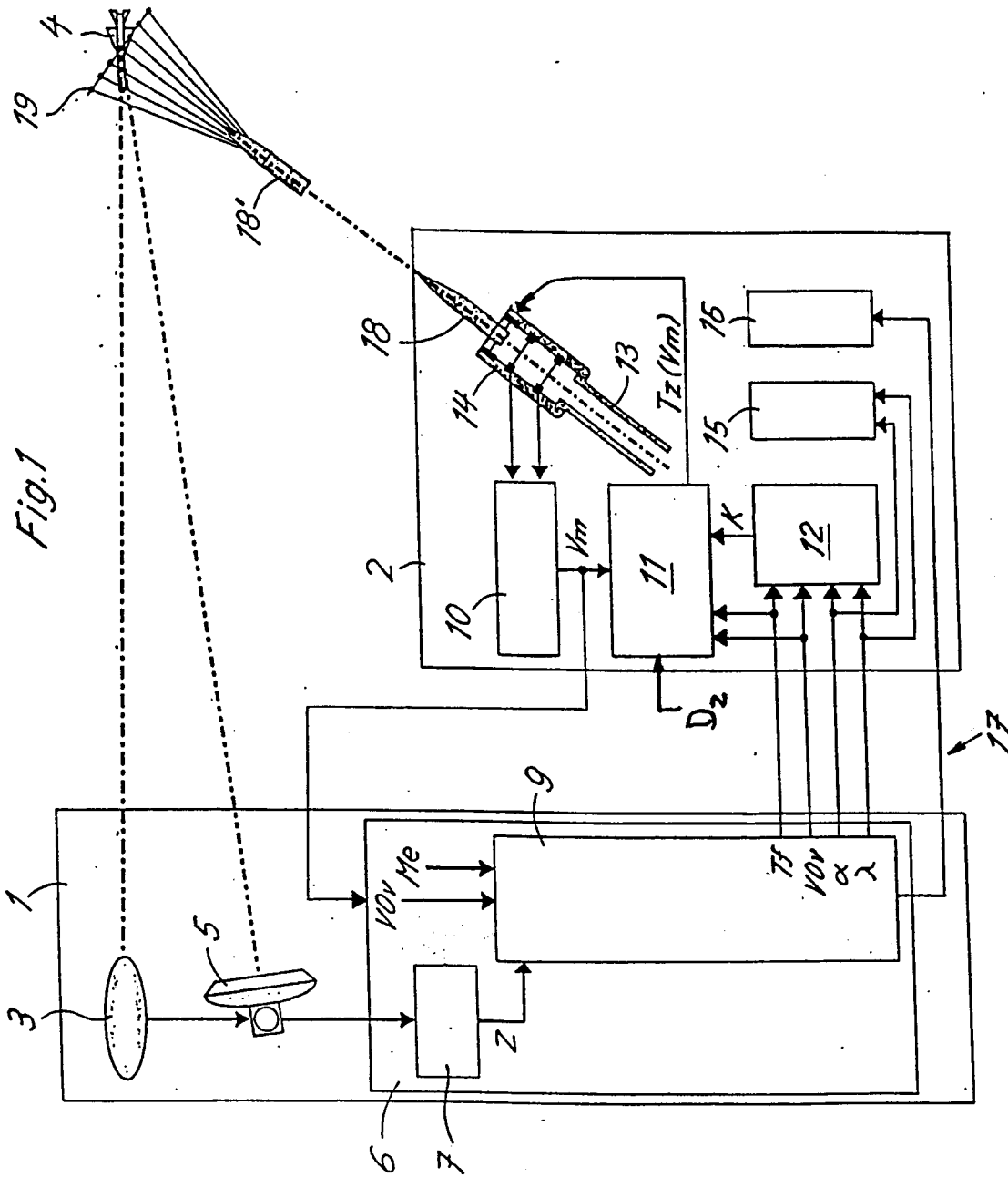


Fig. 2

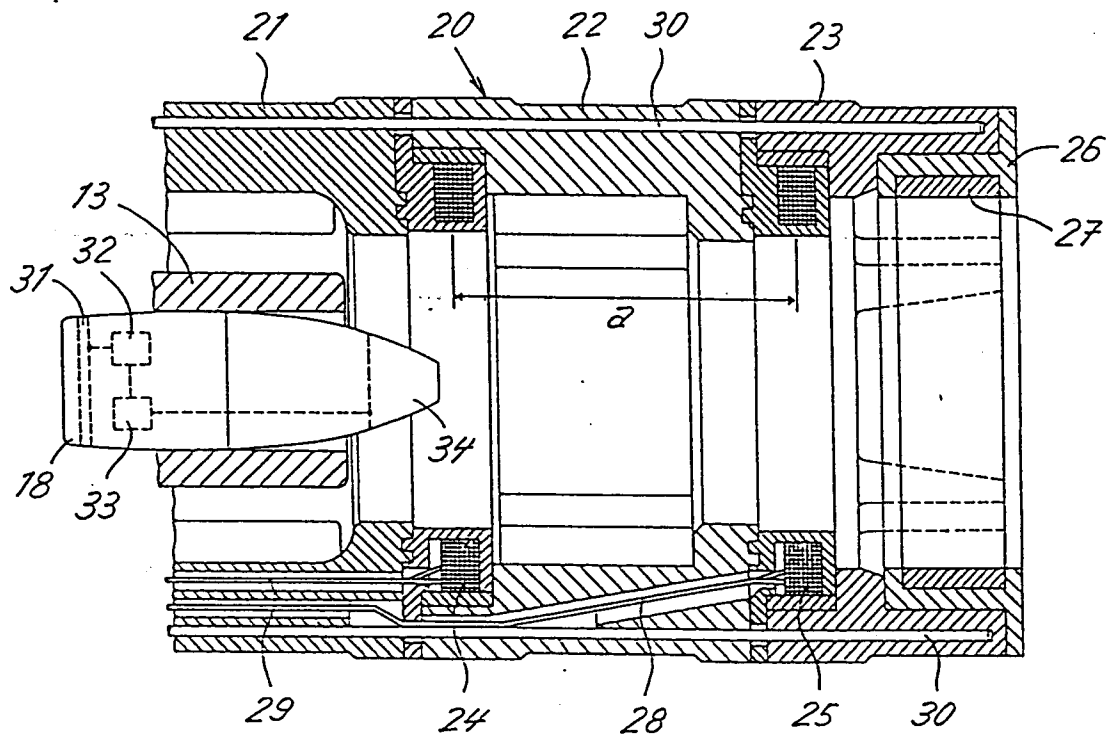
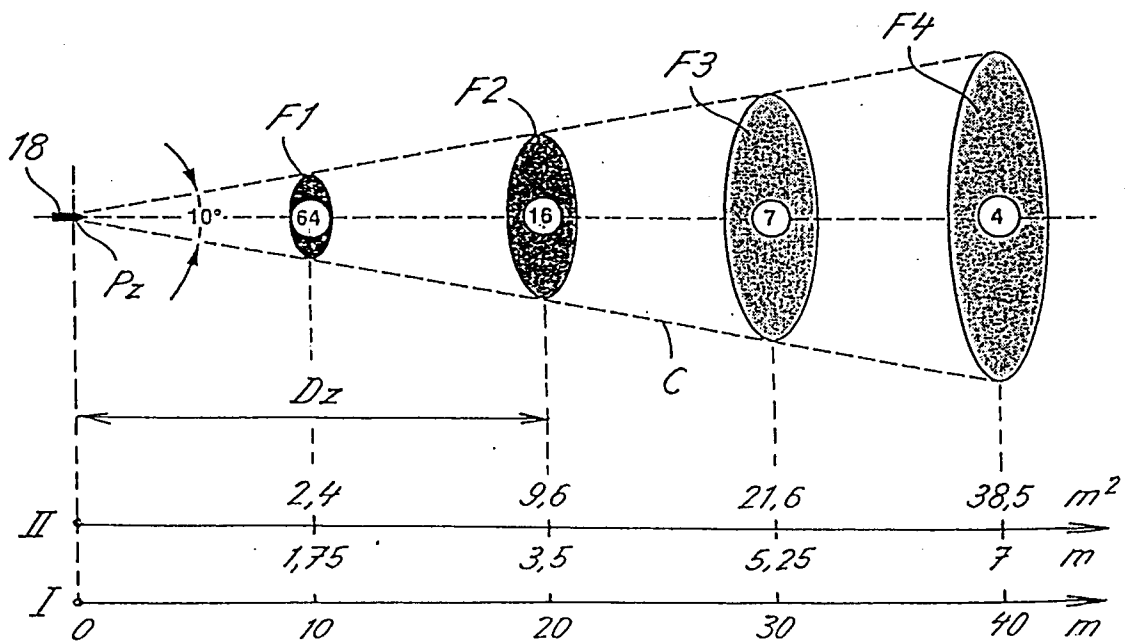
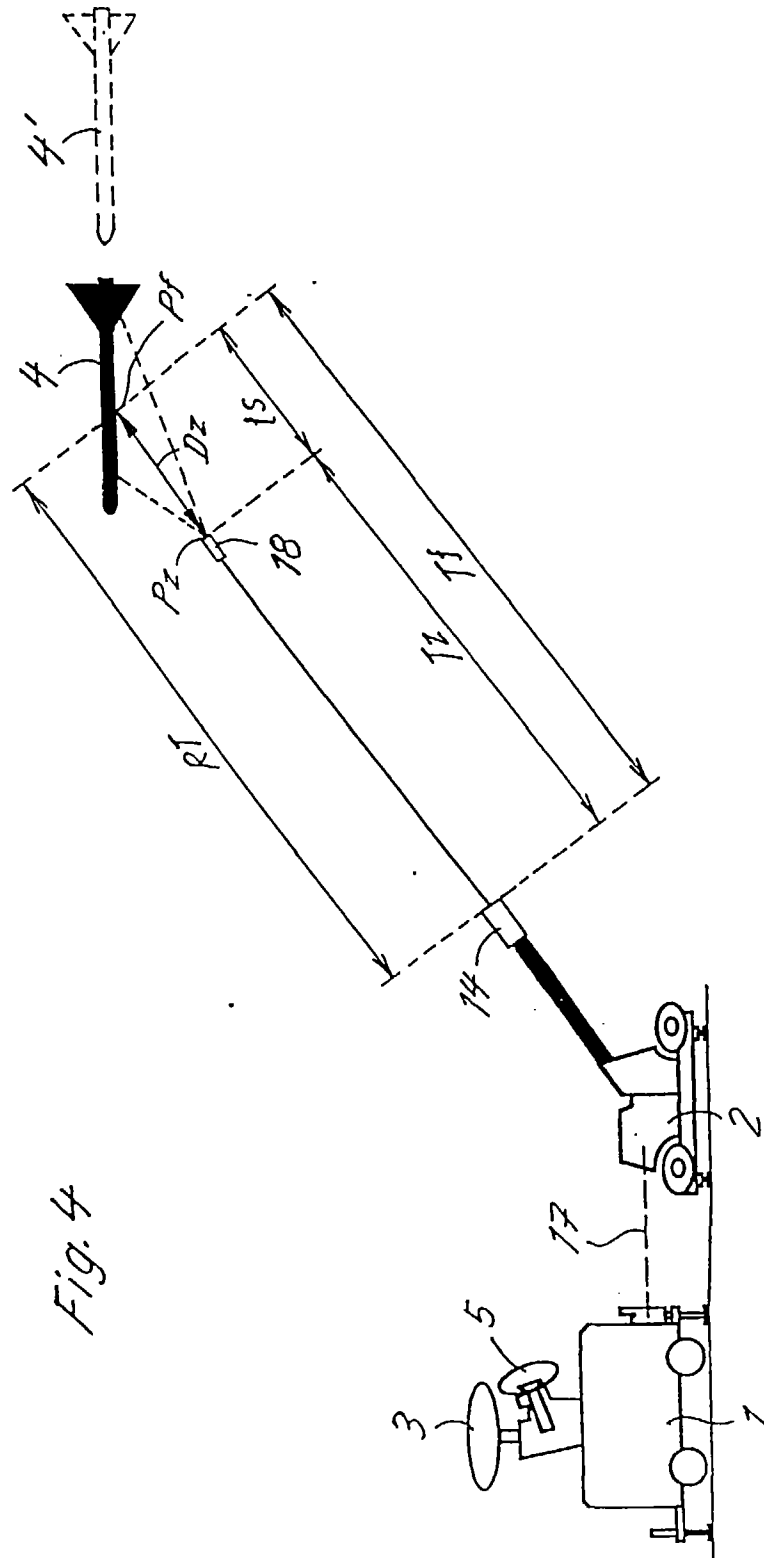


Fig. 3







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 11 8039

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	EP 0 300 255 A (WERKZEUGMASCHINENFABRIK OERLIKON BÜHRLE AG) * Zusammenfassung * * Seite 3, Spalte 3, Zeile 17 - Seite 4, Spalte 6, Zeile 23; Abbildungen 1-4 *	1	F42C17/04
A	US 4 449 041 A (GIRARD) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 19 - Spalte 4, Zeile 28; Abbildungen 1,2 *	1	
A	US 4 142 442 A (TUTEN) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 54; Abbildungen 1-6 *	1	
A	EP 0 467 055 A (OERLIKON CONTRAVES AG) * Zusammenfassung * * Seite 2, Spalte 2, Zeile 43 - Seite 3, Spalte 4, Zeile 13; Abbildungen 1-3 *	1	
A	GB 2 107 835 A (SOCIETE DE FABRICATION D'INSTRUMENTS DE MESURE (S F I M)) * Zusammenfassung * * Seite 2, rechte Spalte, Zeile 122 - Seite 3, rechte Spalte, Zeile 128; Abbildungen 1,2 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F42C F41G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21.Juli 1997	Prüfer Blondel, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)