



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
22.10.1997 Patentblatt 1997/43

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F42C 17/04

(21) Anmeldenummer: 96118044.5

(22) Anmeldetag: 11.11.1996

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

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

(30) Priorität: 19.04.1996 CH 1001/96

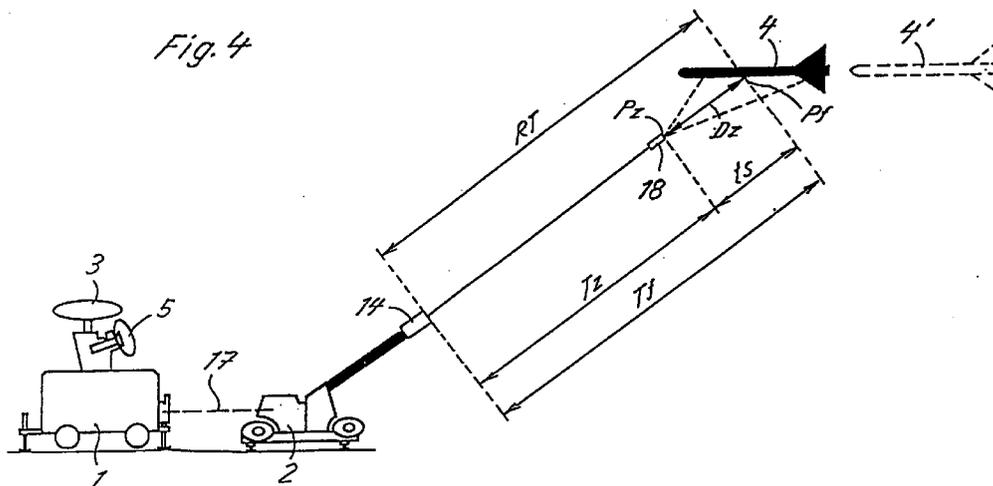
(74) Vertreter: Hotz, Klaus, Dipl.-El.-Ing./ETH  
Patentanwalt  
c/o OK pat AG  
Hinterbergstrasse 36  
Postfach 5254  
6330 Cham (CH)

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

(54) **Verfahren zur Ermittlung der Zerlegungszeit eines programmierbaren Geschosses**

(57) Mit diesem Verfahren kann die Treffwahrscheinlichkeit von programmierbaren Geschossen verbessert werden. Zu diesem Zweck wird eine gegebene optimale Zerlegungsdistanz ( $Dz$ ) zwischen einem Zerlegungspunkt ( $Pz$ ) des Geschosses (18) und einem Treffpunkt ( $Pf$ ) des Zieles durch Korrektur der Zerlegungszeit ( $Tz$ ) des Geschosses (18) konstant gehalten. Die Korrektur erfolgt, indem zur Zerlegungszeit ( $Tz$ ) ein mit einer Geschwindigkeitsdifferenz multiplizierter Kor-

rekturfaktor 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.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Berechnung der Zerlegungszeit 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 Zerlegungsdistanz 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 eines Geschosses durch die beiden Ringspulen wird aufgrund der dabei auftretenden Änderung des magnetischen Flusses kurz hintereinander in jeder Ringspule ein Impuls erzeugt. Die Impulse werden einer Auswerteelektronik zugeführt, in welcher aus dem zeitlichen Abstand der Impulse und dem Abstand zwischen den Ringspulen die Geschossgeschwindigkeit errechnet wird. In Bewegungsrichtung des Geschosses ist hinter der Messvorrichtung für die Geschwindigkeit eine Sendespule angeordnet, die mit einer im Geschoss vorgesehenen Empfangsspule zusammenwirkt. Die Empfangsspule ist über ein Hochpassfilter mit einem Zähler verbunden, der ausgangsseitig mit einem Zeitzähler in Verbindung steht. Aus der errechneten Geschossgeschwindigkeit und einer aus Sensordaten ermittelten 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 Zeitzähler 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 ausgestossenen Subprojektilen beschreiben eine durch die Rotation des Geschosses hervorgerufene drallstabilisierte Flugbahn und liegen gleichmässig verteilt auf annähernd halbkreisförmigen Kurven von Kreisflächen eines Kegels, so dass eine gute Treffwahrscheinlichkeit erreicht werden kann.

Bei vorstehend beschriebener Vorrichtung kann durch Streuungen in der Zerlegungsdistanz, 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 Zerlegungsdistancen würde wohl die Kreisfläche grösser, die Dichte der Subprojektilen jedoch kleiner werden. Bei kleineren Zerlegungsdistancen tritt der umgekehrte Fall ein: Die Dichte der Subprojektilen wäre grösser, die Kreisfläche jedoch kleiner.

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.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Hierbei wird eine gegebene optimale Zerlegungsdistanz 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.

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

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 Zerlegungsdistanz, 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 Feuerlei-

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

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

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

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  $m^2$  und deren Durchmesser in Metern m aufgetragen sind. Bei einem charakteristischen Geschoss mit beispielsweise 152 Subprojektilen und einem Scheitelwinkel des Kegels C von anfänglich  $10^\circ$  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.

Die vorstehend beschriebene Vorrichtung arbeitet wie folgt:

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

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.

Die Vorhalt-Recheneinheit 9 ermittelt ferner einen Geschützwinkel  $\alpha$  des Azimutes und einen Geschützwinkel  $\lambda$  der

Elevation. Die Grössen  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tz$  und  $VOv$  werden der Korrektur-Recheneinheit 12 zugeführt, die wie nachstehend näher beschrieben einen Korrekturfaktor  $K$  errechnet. Die Grössen  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tz$ ,  $VOv$  und  $K$  werden als Schiesselemente des Treffpunktes bezeichnet und über die Data-Transmission 17 dem Geschützsrechner zugeführt, wobei die Schiesselemente  $\alpha$  und  $\lambda$  dem Geschützservo 15 und die Schiesselemente  $VOv$ ,  $Tz$  und  $K$  der Aufdatier-Recheneinheit 11 zugeführt werden. Wenn nur Primärballistik zur Anwendung kommt, so wird anstelle der Zerlegungszeit  $Tz$  die Treffzeit  $Tf = Tz + t_s$  übermittelt (Fig.1, Fig.4).

Die vorstehend beschriebenen Berechnungen werden taktweise wiederholt durchgeführt, so dass jeweils im aktuellen Takt  $i$  die neuesten Daten  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $Tz$  oder  $Tf$ ,  $VOv$  und  $K$  für eine bestimmte Gültigkeitsdauer zur Verfügung stehen. Zwischen den Taktwerten wird für die aktuellen (laufende) Zeit ( $t$ ) jeweils interpoliert bzw. extrapoliert.

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

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

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

beschrieben, wobei zusammen mit den Anfangsbedingungen

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

eine eindeutige ballistische Lösung

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

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

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

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

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

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

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

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

ist, wobei

$$\vec{v}_o^{(2)} = \dot{\vec{Pos}}(t_o, \vec{v}_o(t_o))$$

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

Geschosses in Rohrrichtung gemacht werden. Die Grösse

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

5

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

10

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

15

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

20

$$TG = TG(t_o, v_o) , \quad \vec{P}_{Os} = \vec{P}_{Os}(t_o, v_o) =: \vec{P}_{Os_o}$$

25 ist und sich die ballistische Lösung zu

$$\begin{aligned} t &\mapsto \vec{p}_G(t, \vec{P}_{Os_o}, v_o) \\ t &\mapsto \vec{v}_G(t, \vec{P}_{Os_o}, v_o) \end{aligned}$$

30

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

35

$$\begin{aligned} t &\mapsto \vec{p}_G(t, \vec{P}_{Os_o}, v_m) , \\ t &\mapsto \vec{v}_G(t, \vec{P}_{Os_o}, v_m) . \end{aligned}$$

40

Ein Geschoss mit der durch  $t \mapsto \vec{p}_G(t, \vec{P}_{Os_o}, v_m)$  gegebenen Bahn wird das Ziel im allgemeinen nicht mehr treffen. Bei der Berechnung des Korrekturfaktors  $K$  wird daher von der durch die Definition

45

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

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

50

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

55

ausgegangen und durch Einsetzen der Definition

$$\begin{aligned}
 \vec{p}_{rel}(v_m) &:= \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{0s_o}, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t^*(v_m)) , \\
 \vec{v}_{rel}(v_m) &:= \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{0s_o}, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\vec{p}}_{rel}(v_m) , \\
 \vec{a}_{rel}(v_m) &:= \vec{a}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{0s_o}, v_m) - \vec{a}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \ddot{\vec{p}}_{rel}(v_m)
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 t^*(v_o) &= TG \\
 \vec{p}_{rel}(v_o) &= \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{0s_o}, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0
 \end{aligned}$$

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

$$D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{0s_o}, v_o) \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Gl.7.1}$$

folgt. Durch Einsetzen der Definition

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} := D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{0s_o}, v_o)$$

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

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

ergibt.

Die vorstehend angewendete mathematische bzw. physikalische Notation bedeutet:

$\vec{v}$	ein Vektor
$\ \vec{v}\ $	Norm des Vektors
$\langle \vec{u} , \vec{v} \rangle$	Skalarprodukt
$\cdot$	skalare oder Matrixmultiplikation
$g := A$	die Grösse g wird definiert als Ausdruck A
$g = g(x_1, \dots, x_n)$	die Grösse g hängt ab von $x_1, \dots, x_n$
$t \mapsto g(t)$	Zuordnung (t wird die Auswertung von g an der Stelle t zugeordnet)

	$\dot{g}$	Ableitung von g nach der Zeit
	$D_i g(x_1, \dots, x_n)$	partielle Ableitung von g nach der i-ten Variablen
	$\frac{\partial}{\partial t} g(t, x_1, \dots, x_n)$	partielle Ableitung von g nach der Zeit t
	$\inf_t M$	Infimum der Menge M über alle t
5	$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$	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
	$P\vec{O}S$	Position der Rohrmündung
	$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
10	$v_o$	Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
	$v_m$	Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
	$TG$	Vorhalt-Flugzeit des Geschosses
	$t^*$	Flugzeit des Geschosses
	$t_o$	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert.

15 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

20 
$$T_z(V_m) = T_z + K * (V_m - V_{ov}).$$

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

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

30 **Bezugszeichenliste**

- 1 Feuerleitung
- 2 Geschütz
- 35 3 Suchsensor
- 4 Ziel
- 5 Folgesensor
- 6 Feuerleitungsrechner
- 7 Hauptfilter
- 40 9 Vorhalt-Recheneinheit
- 10 Auswerteschaltung
- 11 Aufdatierungs-Recheneinheit
- 12 Korrektur-Recheneinheit
- 13 Geschützrohr
- 45 14 Messvorrichtung
- 15 Geschützservo
- 16 Auslöseeinrichtung
- 17 Data-Transmission
- 18 Geschoss
- 50 18' Geschoss
- 19 Subprojektil
- 20 Tragrohr
- 21 Erster Teil
- 22 Zweiter Teil
- 55 23 Dritter Teil
- 24 Ringspule
- 25 Ringspule
- 26 Spulenkörper
- 27 Sendespule

	<b>28</b>	Leitung
	<b>29</b>	Leitung
	<b>30</b>	Weicheisenstäbe
	<b>31</b>	Empfangsspule
5	<b>32</b>	Filter
	<b>33</b>	Zähler
	<b>34</b>	Zeitzünder
	<b>a</b>	Abstand
	<b>Pz</b>	Position des Zerlegungspunktes
10	<b>F1-F4</b>	Kreisflächen
	<b>C</b>	Kegel
	<b>I</b>	Erste Abzisse
	<b>II</b>	Zweite Abzisse
	<b>Dz</b>	Zerlegungsdistanz
15	<b>RT</b>	Treffdistanz
	<b>VOv</b>	Vorhaltgeschwindigkeit
	<b>Vm</b>	Aktuelle gemessene Geschossgeschwindigkeit
	<b>Tz</b>	Zerlegungszeit
	<b>ts</b>	Subprojektilflugzeit
20	<b>Pf</b>	Treffpunkt
	$\alpha$	Geschützwinkel
	$\lambda$	Geschützwinkel
	<b>Tf</b>	Treffzeit
	<b>TG</b>	Flugzeit
25	<b>Tz(Vm)</b>	Korrigierte Zerlegungszeit
	<b>Me</b>	Eingang (Meteo)

**Patentansprüche**

30 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**,  
 35 dass die gegebene Zerlegungsdistanz (Dz) durch Korrektur der Zerlegungszeit (Tz) gleichbleibend gehalten wird, wobei die Korrektur durch die Beziehung

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

40 erfolgt, und wobei

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

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,  
 50 dass der Korrekturfaktor (K) ausgehend von der durch die Definition

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

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

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

10 durch folgende Berechnungsschritte ermittelt wird

- vereinfachen der Gleichung Gl.6 durch Einsetzen der Definitionen

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

20

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

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

30

ergibt,

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

35

$$\begin{aligned}
 & t^*(v_o) = TG \\
 & \vec{p}_{rel}(v_o) = \vec{p}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0
 \end{aligned}$$

40

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

45

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

folgt,

- vereinfachen der Gleichung Gl.7.1 durch Einsetzen der Definition

50

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

55

wobei sich der Korrekturfaktor (K) zu

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

5

ergibt, und wobei

10	$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$	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
	$P\vec{O}s$	Position der Rohrmündung
	$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
15	$v_o$	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
20	$t^*$	Flugzeit des Geschosses
	$t_o$	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert bedeuten.

25

30

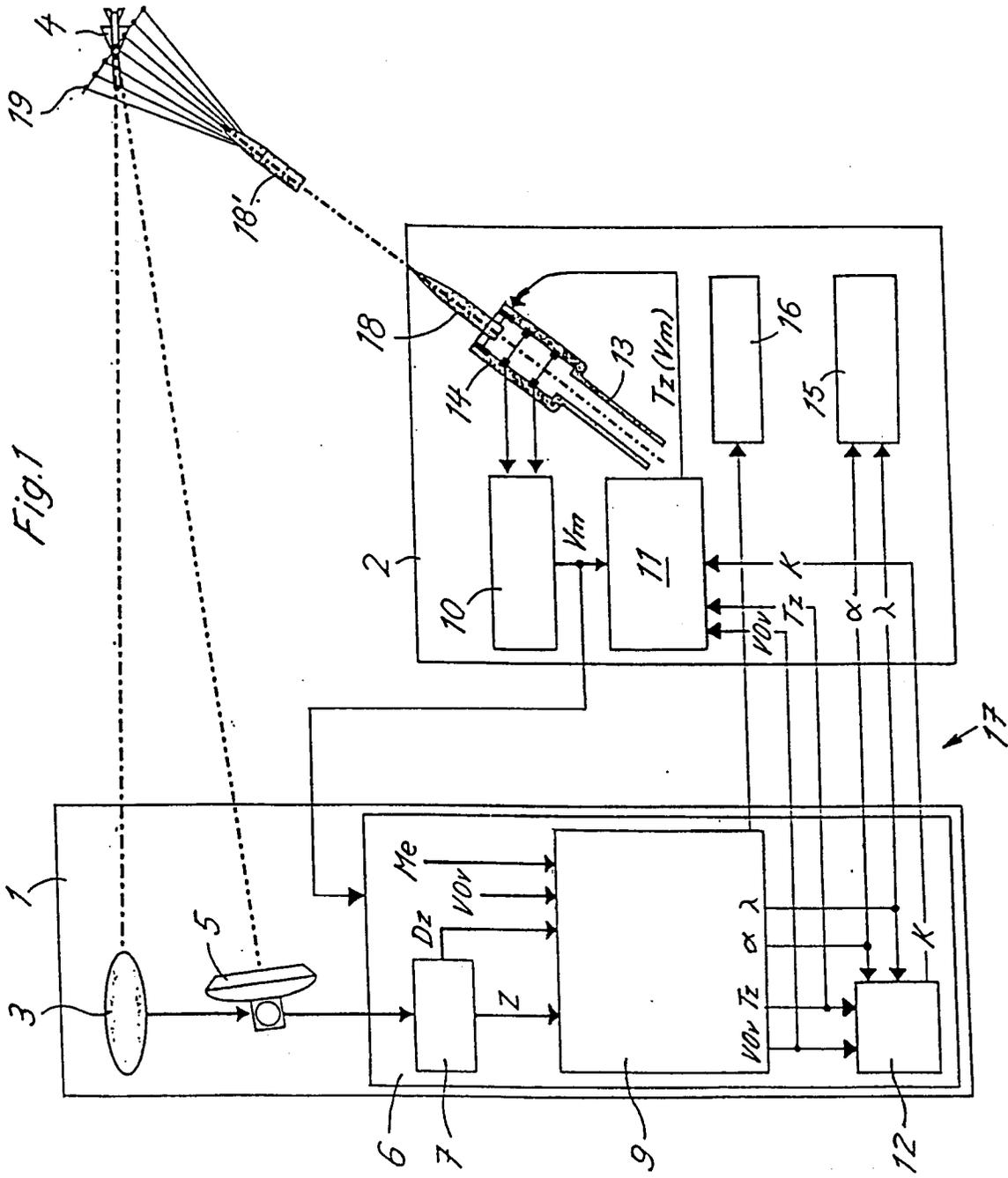
35

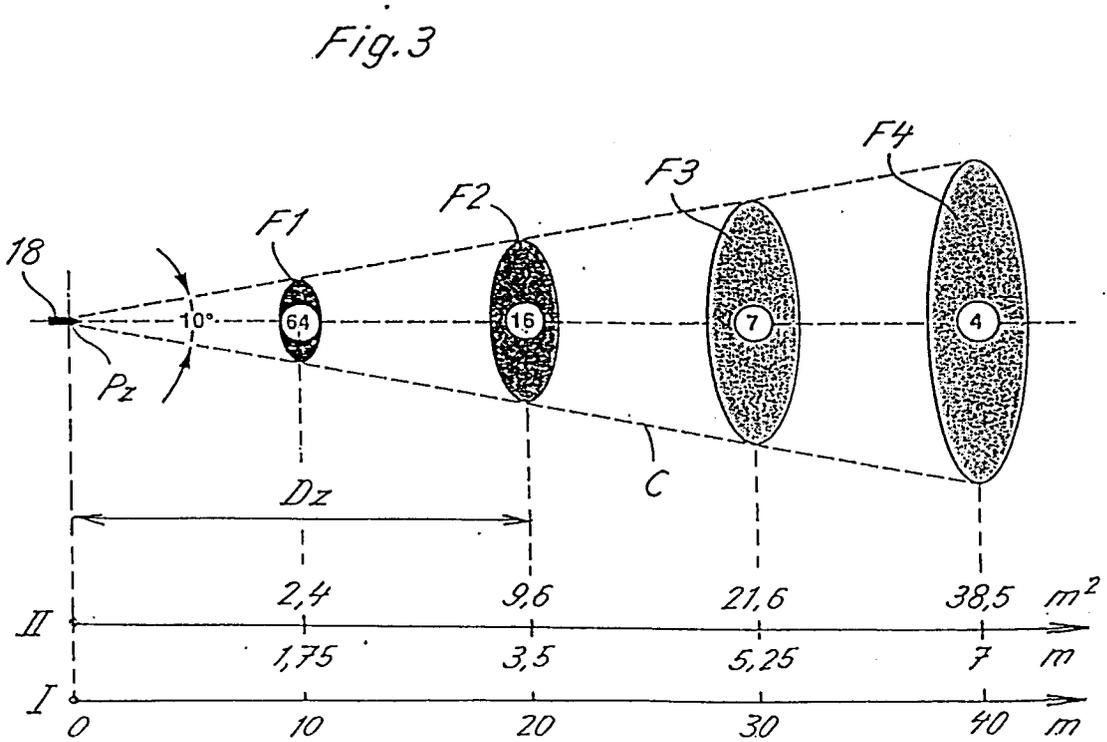
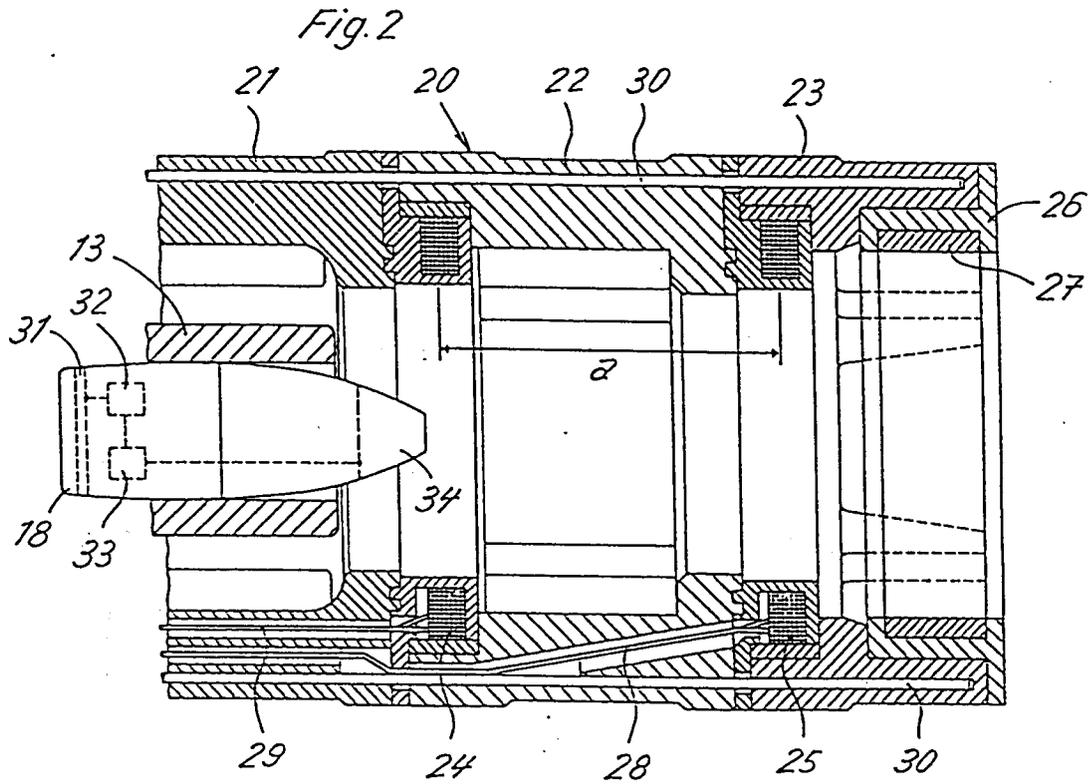
40

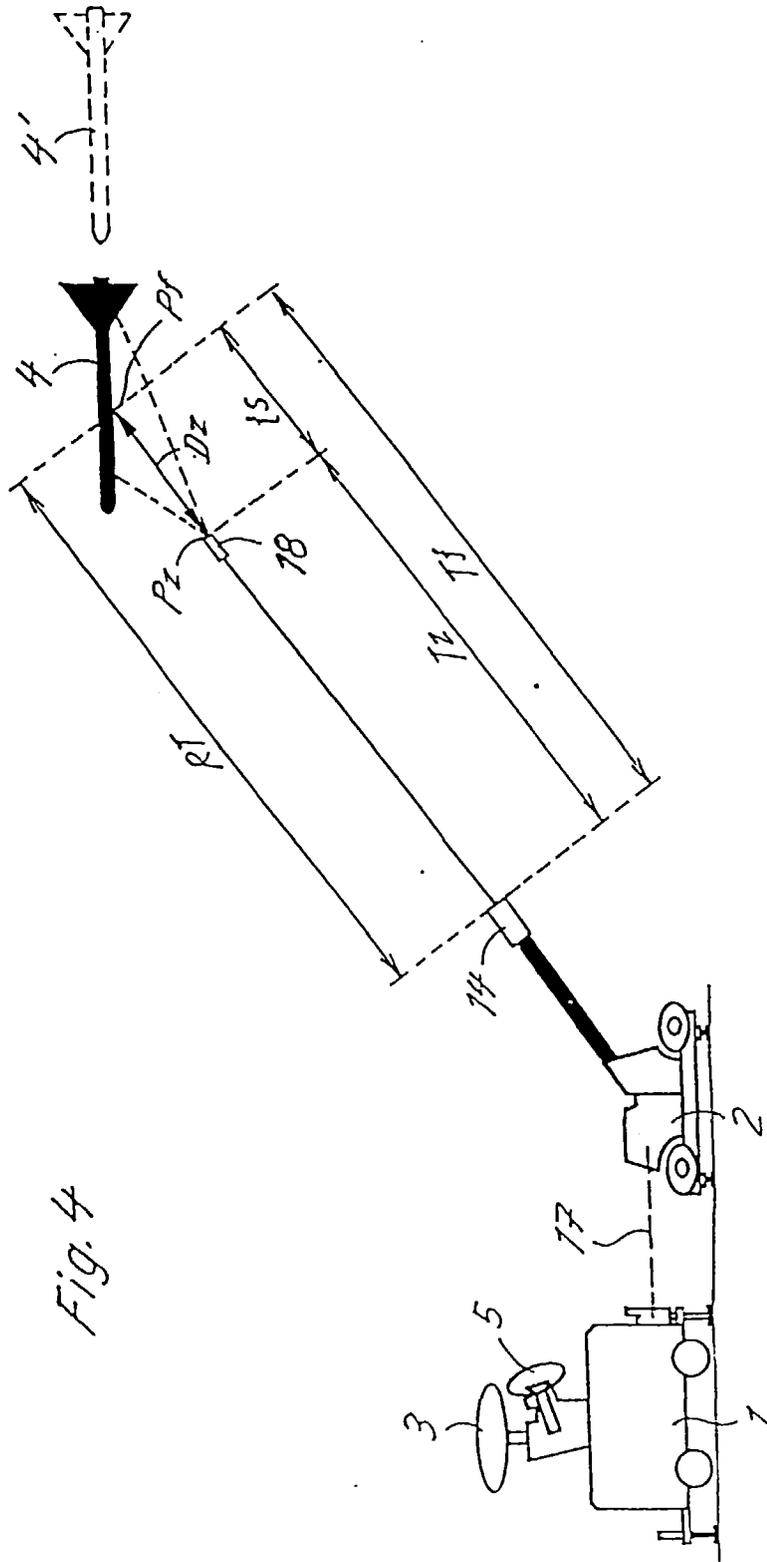
45

50

55









Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 11 8044

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	
			<b>RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)</b>
			F42C F41G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>21.Juli 1997</b>	Prüfer <b>Blondel, F</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>		<b>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</b>	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		.....	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 01.82 (P04C03)