

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 314 949 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.12.2004 Patentblatt 2004/50

(51) Int Cl.7: **F41G 3/32**

(21) Anmeldenummer: **02022510.8**

(22) Anmeldetag: **07.10.2002**

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Beurteilen von Richtfehlern eines Waffensystems und Verwendung der Vorrichtung

Method and device for assessing the aiming errors of a weapon system and use of the device

Procédé et dispositif pour l'évaluation des erreurs de pointage d'un système d'arme et utilisation du procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

(30) Priorität: **23.11.2001 CH 21682001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.05.2003 Patentblatt 2003/22

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

(72) Erfinder: **Malakatas, Nicolas, Dr.
8038 Zürich (CH)**

(74) Vertreter: **Heusch, Christian
OK pat AG
Chamerstrasse 50
6300 Zug (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 1 152 206 WO-A-88/08952
US-A- 3 981 010 US-A- 4 429 993
US-A- 4 878 752**

EP 1 314 949 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 nach Anspruch 1, eine Vorrichtung nach Anspruch 6 und eine Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 14 bis 16.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen dieser Art dienen dazu, die Richtgenauigkeit von Waffensystemen zu beurteilen, die zur Bekämpfung von rasch bewegten Zielen, im allgemeinen Flugzielen, eingesetzt werden.

[0003] Solche Waffensysteme umfassen ein Feuerleitgerät und eines oder mehrere dem Feuerleitgerät zugeordnete Geschütze. Das Feuerleitgerät ist dazu bestimmt, ein Ziel zu detektieren, zu akquirieren und zu verfolgen. Beim Verfolgen des Zieles, das als Tracking bezeichnet wird, werden praktisch laufend, das in zeitlich sehr nahe beieinander liegenden Messzeitpunkten, Messungen durchgeführt, um für jeden Messzeitpunkt den Ort des Zieles zu ermitteln. Eine dem Waffensystem zugeordnete Datenverarbeitungseinheit berechnet retrospektiv aus den Ergebnissen dieser Messungen den Bewegungszustand des Zieles, worunter mindestens eine empirische Weg/Zeit-Funktion, eine empirische Geschwindigkeits/Zeit-Funktion und eine empirische Beschleunigungs/Zeit-Funktion des Zieles verstanden werden. Auf Grund der Weg/Zeit-Funktion, der Geschwindigkeits/Zeit-Funktion und der Beschleunigungs/Zeit-Funktion berechnet die Rechneinheit ferner den zukünftigen Bewegungszustand des Zieles. Hierbei handelt es sich um eine Extrapolation, berechnet wird also nicht der tatsächliche zukünftige Bewegungszustand des Zieles, sondern derjenige Bewegungszustand, den das Ziel vermutlich haben wird, und der auch als der erwartete Bewegungszustand des Zieles bezeichnet wird. Bestimmt werden insbesondere ein Fälligkeitszeitpunkt und eine zugehörige Fälligkeitsposition, an welchem das Ziel zum Fälligkeitszeitpunkt erwartet wird. Die Fälligkeitsposition wird derart bestimmt, dass ein Geschoss, das zu einem bestimmten Abschusszeitpunkt von der Waffe abgeschossen wird, zum Fälligkeitszeitpunkt an der Fälligkeitsposition eintrifft oder, vereinfacht gesagt, das Ziel trifft. Die so bestimmte Fälligkeitsposition ist also der erwartete Treffpunkt von Ziel und Geschoss. Im Zusammenhang damit berechnet die Datenverarbeitungseinheit ferner für die Waffe beziehungsweise für das Waffenrohr einen Richtpunkt, auf welchen das Waffenrohr im Abschusszeitpunkt des Geschosses gerichtet sein muss, beziehungsweise ein Azimut und eine Elevation, welche das Waffenrohr im Abschusszeitpunkt haben muss. In diese Berechnung, die als Vorhalterchnung bezeichnet wird, werden die relativen Positionen von Feuerleitgerät und Waffe, die interne und die externe Ballistik sowie Verzögerungen, die sich bei der Funktion des Systems ergeben, einbezogen. Offensichtlich liegt der Abschusszeitpunkt, zu dem das Waffenrohr auf den Fälligkeitsposition gerichtet sein muss, vor dem Fälligkeitszeitpunkt, zu dem sich das Ziel an der Fälligkeitsposition befinden wird.

[0004] Um die Funktionstüchtigkeit des Waffensystems zu beurteilen, wird die Treffleistung getestet. Hierbei wird im Wesentlichen untersucht, ob die Vorgänge zwischen dem Tracken des Zieles und dem Abschuss eines Geschosses wie geplant verlaufen, nämlich so, dass sich Ziel und Geschoss zum Fälligkeitszeitpunkt an der Fälligkeitsposition oder mindestens in deren naher Umgebung befinden. Es sind verschiedene Verfahren bekannt, um Richtfehler festzustellen. Eine realistische Beurteilung der Treffleistung eines Waffensystems ist aber nur möglich, wenn die Bekämpfung eines Zieles entweder tatsächlich erfolgt oder realitätsnah simuliert wird.

[0005] Eine präzise Beurteilung der Richtgenauigkeit beziehungsweise eine genaue Ermittlung von Richtfehlern kann beispielsweise erfolgen, indem ein Ziel tatsächlich beschossen und die winkel- und/oder distanzmässige Ablage der Geschosse vom Ziel bei ihrem Flug bestimmt werden. Allerdings ist die Beurteilung der Richtgenauigkeit beziehungsweise der Treffleistung auf ein verhältnismässig enges Zeitfenster beim Beschuss eingeschränkt, und sie liefert keine Anhaltspunkte über eventuelle Treffer während der restlichen Zeitspanne, zu welcher das Ziel bekämpft werden kann. Als Ziel wird ein Manipulierziel beziehungsweise Übungsziel eingesetzt, das sich mindestens annähernd so verhalten sollte wie diejenigen realen Ziele, zu deren Bekämpfung das Waffensystem vorgesehen ist. Solche Manipulierziele sind unbemannt. Bekannt sind einerseits selbstflugfähige Manipulierziele beziehungsweise Dronen, die ferngesteuert sein können, und andererseits flugunfähige Manipulierziele, die beispielsweise von einem Schleppflugzeug gezogen werden. Als Munition kann Kriegsmunition oder Übungsmunition verwendet werden. Die Ablage kann auf zwei verschiedene Arten ermittelt werden: Entweder werden die Weg/Zeit-Kurven sowohl des Manipulierzieles wie auch der Geschosse bestimmt und daraus die Ablage der Geschosse vom Manipulierziel ermittelt; beispielsweise kann hierzu der örtliche Bereich, in welchem sich Manipulierziel und Geschosse treffen, im zeitlichen Bereich, zu welchem dieses Treffen stattfindet, abgebildet, und hieraus die Ablage ermittelt werden. Oder es werden Sensoren am Manipulierziel angebracht, welche auf die vorbeifliegenden Geschosse reagieren. Der grosse Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, dass es sehr aufwändig und kostspielig ist. Unabhängig davon, ob selbstflugfähige oder geschleppte Manipulierziele eingesetzt werden, sind diese Manipulierziele selbst sowie entweder zusätzliche Einrichtungen zur Ermittlung und Vermessung der Flugbahnen und zur Auswertung der dabei ermittelten Messwerte oder aber Einrichtungen zur Verarbeitung der von den Sensoren zur Verfügung gestellten Signale erforderlich. Die Verwendung unbemannter, flugfähiger, ferngesteuerter Manipulierziele erfordert zusätzlich terrestrische Einrichtungen zum Fernsteuern dieser Manipulierziele. Die Gesamtheit der erforderlichen Einrichtungen ist in jedem Falle, wie oben behauptet, kostspie-

lig in der Anschaffung und aufwändig im Betrieb; meist können diese Einrichtungen nur von spezialisiertem Personal bedient werden und erfordern eine Infrastruktur, die nur auf festen Schiessplätzen aber nicht im Feld verfügbar ist. Ausserdem besteht stets die Gefahr der Beschädigung oder Zerstörung der Manipulierziele, die nicht vermieden werden kann und nicht vermieden werden soll, da ja das Treffen des Manipulierzies die angestrebte gute Richtgenauigkeit eben gerade dokumentiert.

[0006] Während beim oben beschriebenen Verfahren als Ziele Manipulierziele eingesetzt werden und bei der Beurteilung auf echte, tatsächlich von Geschossen durchflogene Flugbahnen abgestellt wird, können bei dem im Folgenden beschriebenen, unter der Bezeichnung 'Zero-Test' bekannten Verfahren nach Belieben echte Ziele oder Manipulierziele eingesetzt werden; die Flugbahnen der Geschosse werden optisch simuliert, wobei die simulierenden Strahlen nur in ihren Anfangs- und Endpunkten mit den simulierten Geschossflugbahnen übereinstimmen. Mit dem Zero-Test wird nur verifiziert, ob das Tracking des Zieles durch das Feuerleitgerät und das vom Feuerleitgerät gesteuerte Richten des Waffenrohrs auf das Ziel fehlerlos verläuft, nicht aber die eigentliche Vorhaltrechnung geprüft.

[0007] Beim Zero-Test wird die Verfolgung des Zieles, das heisst das Tracking, vom Feuerleitgerät in üblicher Weise durchgeführt. Das Waffenrohr wird laufend dem Ziel nachgeführt und zwar so, dass es dauernd auf das Ziel gerichtet ist. Das Ziel wird nicht beschossen, sondern eine am Waffenrohr montierte Videokamera nimmt Bilder vom Ziel auf. Diese Bilder werden sofort oder später visualisiert. Die Richtgerade, also eine Gerade in Verlängerung der Waffenrohrachse, wird durch eine Marke in den wiedergegebenen Bildern dargestellt. Der Richtfehler erscheint als Ablage des Bildes des Zieles von dieser Marke. Das Ziel, das beim Zero-Test ein echtes Ziel sein kann, wird also nicht mit Geschossen beschossen sondern der Beschuss wird durch optische Strahlen gewissermassen simuliert; allerdings wird bei der Simulation ein Strahl aufgenommen und visualisiert, der nicht von der Waffe zum Ziel sondern vom Ziel zur Waffe verläuft, was aber für das Verfahren ohne Belang ist. Beim Zero-Test wird die Waffe dem Ziel unmittelbar nachgeführt, das heisst, Azimut und Elevation sind so, dass bei perfekter Richtgenauigkeit das Waffenrohr genau auf das Ziel gerichtet ist; beim Visualisieren der Bilder der Videokamera liegt dann das Ziel stets auf der Marke. Da in Wirklichkeit die Richtgenauigkeit nicht perfekt ist, sondern gewisse Richtfehler auftreten, befindet sich beim Visualisieren der Bilder der Videokamera das Ziel im Allgemeinen nicht auf der Marke. Die Abweichung des Zieles von der Marke entspricht der Ablage der Geschosse vom Ziel. Der Zero-Test beruht auf der Fiktion, dass Geschosse ohne Masse verwendet werden, die mit unendlicher Geschossgeschwindigkeit ihre Flugbahn durchlaufen, so dass die Geschossflugzeit vom Waffenrohr zum Ziel null ist, womit auch die Be-

zeichnung 'Zero-Test' erklärt ist. Vorhalt sowie Einbezug innenballistischer Grössen der Geschosse werden von der dem Waffensystem zugeordneten Datenverarbeitungseinheit nicht in die Berechnungen von Azimut und Elevation beziehungsweise die Steuerung des Waffenrohrs einbezogen; innerhalb der Fiktion der unendlichen Geschossgeschwindigkeit spielen sie auch tatsächlich keine Rolle. Der Vorteil des Zero-Tests liegt darin, dass die zusätzlichen benötigten Einrichtungen nicht kostspielig sind, und dass die Durchführung des Testes einfach ist, so dass kein spezialisiertes Personal eingesetzt werden muss und die Durchführung nicht nur auf Schiessplätzen sondern auch im Feld stattfinden kann. Die Vereinfachungen, die beim Zero-Test stattfinden, das heisst das Ausblenden von allen Fakten, die mit der Vorhaltrechnung im Zusammenhang stehen, sind gleichzeitig die Nachteile des Zero-Tests.

[0008] Es ist somit **Aufgabe** der Erfindung,

- ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches die Nachteile des Standes der Technik vermeidet; einerseits sollte das neue Verfahren bezüglich der dazu benötigten Einrichtungen kostengünstig und bezüglich seiner Durchführung einfacher sein als das herkömmliche Verfahren, bei welchem ein Manipulierziel und echte Geschosse zum Einsatz kommen; andererseits sollte das neue Verfahren eine präzisere Beurteilung erlauben als der vorbekannte Zero-Test; insbesondere sollte das neue Verfahren, anders als der vorbekannte Zero-Test, auch alle Fakten im Zusammenhang mit der Vorhaltrechnung, unter anderem also die Innenballistik der Geschosse, berücksichtigen;
- eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens vorzuschlagen und
- eine Verwendung der neuen Vorrichtung anzugeben.

[0009] Die **Lösung** dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäss

- für das Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs 1,
- für die Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 6; und
- für die Verwendung der Vorrichtung durch die Merkmale der Ansprüche 14 bis 16.

[0010] Bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Vorrichtungen sind durch die jeweiligen abhängigen Ansprüche definiert.

[0011] Die angegebenen Verfahrensschritte können mindestens teilweise auch in vertauschten Reihenfolgen durchgeführt werden.

[0012] Beim neuen Verfahren können, wie beim herkömmlichen Zero-Test, echte Ziele oder Manipulierziele verwendet werden, und es werden Geschosse bezie-

hungsweise deren Flugbahnen - genauer gesagt Anfang und Ende der Flugbahnen - optisch simuliert. Im Gegensatz zum herkömmlichen Zero-Test wird aber eine Vorhaltrechnung durchgeführt, das heisst, es wird also nicht nur getestet, ob das Waffenrohr dem trackenden Feuerleitgerät folgt, sondern es wird auch die Genauigkeit der Vorhaltrechnung einschliesslich der Ballistik, in den Test mit einbezogen. Ausserdem wird, anders als beim herkömmlichen Zero-Test, keine Bildaufnahmeverrichtung am Waffenrohr benötigt, sondern es wird diejenige Bildaufnahmeverrichtung verwendet, die ohnehin am Feuerleitgerät vorhanden ist. Getestet wird die Kette Ziel - Radar - SoftwareVorhaltrechnung - Datenübertragung - Bewegung der Waffe - Ballistik - Ziel.

[0013] Die damit erzielten Vorteile sind im Wesentlichen die Folgenden:

- Es wird keine Bildaufnahmeverrichtung am Waffenrohr benötigt.
- Das Verfahren ist in der Durchführung nicht aufwändig; die Hilfe von Spezialisten ist nicht erforderlich, und das Verfahren kann auch ausserhalb von Schiessplätzen erfolgen.
- Das Verfahren ist umweltfreundlich; es entstehen keine Beschädigungen am Ziel, und es wird keine Munition verwendet; dadurch entfallen auch akustische Immissionen.
- Das Verfahren ist preisgünstig, da keine Munition, die im Allgemeinen kostspielig ist, verschossen wird.

[0014] Das neue Verfahren ist, wie oben beschrieben, in vielen Beziehungen sehr vorteilhaft, insbesondere sehr kostengünstig und einfach in der Durchführung, aber es ist, wie auch der herkömmliche Zero-Test, nur ein Testverfahren, das Aufschluss gibt über die Gesamtheit der Richtfehler. Es erlaubt daher keine Diagnosen über die Ursachen der Richtfehler. Korrekturen der Richtfehler können daher nur durch Fehlerkompensationen, nicht aber durch Beseitigung der Fehlerursachen vorgenommen werden. Dies mindert aber nicht den Wert des Verfahrens, da letztlich nur die Wirkung des Waffensystems von Bedeutung ist und es bedeutungslos ist, ob Richtfehler ursächlich oder kompensatorisch ausgeschaltet werden.

[0015] Das neue Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Auf Grund mehrerer Messungen der Zielposition erfolgt eine retrospektive Berechnung der Bewegungszustände des Ziels, das heisst es wird im Wesentlichen eine empirische Weg/Zeit-Kurve, eine empirische Geschwindigkeits/Zeit-Kurve und eine empirische Beschleunigungs/Zeit-Kurve des Zieles bestimmt.
- Auf Grund der retrospektiven Berechnung der Bewegungszustände des Ziels erfolgt in einem Berechnungszeitpunkt eine extrapolierende Berech-

nung von zukünftigen Bewegungszuständen des Ziels, das heisst es wird mindestens eine vermutete zukünftige Weg/Zeit-Kurve des Ziels bestimmt.

- Festgehalten werden Wertepaare von Fälligkeitszeitpunkten und Fälligkeitspositionen, nämlich
 - Fälligkeitszeitpunkte, zu welchem sich das Ziel an einer bestimmten Position befinden wird und
 - Fälligkeitspositionen, wo sich das Ziel zu den zugehörigen Fälligkeitszeiten vermutlich befinden wird.
- Jede Fälligkeitsposition wird jeweils für einen bestimmten Abschusszeitpunkt unter Berücksichtigung der Geschossgeschwindigkeit und der innerballistischen Grössen des Geschosses derart bestimmt, dass ein Geschoss, das zu diesem Abschusszeitpunkt von der Waffe abgeschossen würde, zum Fälligkeitszeitpunkt an der Fälligkeitsposition eintreffen würde.
- Das Waffenrohr wird nun laufend zu jedem Fälligkeitszeitpunkt auf die zugehörige Fälligkeitsposition gerichtet. In diesem Fälligkeitszeitpunkt würde ein im Abschusszeitpunkt abgeschossenes Geschoss in der Fälligkeitsposition und das Ziel vermutlich in der Nähe der Fälligkeitsposition sein, so dass ein Treffer erwartet werden könnte.
- Bei der Verfolgung des Zieles ist die Bildaufnahmeverrichtung des Feuerleitgerätes jedenfalls auf das Ziel gerichtet und nimmt somit laufend Bilder der in Zielnähe liegenden jeweiligen Fälligkeitsposition und ihrer Umgebung auf.
- Die Waffe übermittelt der Datenverarbeitungsanlage, die am Feuerleitgerät angeordnet sein kann, laufend Daten, welche aus der Sicht der Waffe die tatsächliche winkelmässige Stellung beziehungsweise Richtung des in Azimut und Elevation auf einen Richtpunkt gerichteten Waffenrohres beschreiben, also eine Ist-Richtung.
- Die Datenverarbeitungseinheit berechnet auf Grund der Zielposition und der Abweichung der Position des Feuerleitgerätes von der Position der Waffe die theoretisch korrekte Blickrichtung auf das Ziel aus der Sicht der Waffe, also eine Soll-Richtung.
- Der Winkel, welcher den Unterschied zwischen Soll-Richtung und Ist-Richtung bildet, entspricht der Ablage zwischen dem Ziel und dem fiktiven Geschoss.
- Die entsprechende winkelmässige Ablage wird auf einer Bildwiedergabeverrichtung sichtbar gemacht, indem sie als Ablagemarke dargestellt beziehungsweise eingeblendet wird; die Stellung der Ablagemarke zu einem Referenzpunkt, zum Beispiel zum Mittelpunkt des Bildes der Bildwiedergabeverrichtung, wird von der horizontalen und der vertikalen Komponente der Ablage bestimmt und stellt den Richtfehler analog dar. Der benutzte Massstab ent-

spricht dem Blickfeld der Bildaufnahmeverrichtung. Die Stellung der Ablagemarke ist also mit dem Richtfehler korreliert und der Richtfehler kann auf der Bildwiedergabeverrichtung abgelesen werden.

[0016] Bei der Verfolgung des Zieles durch das Feuerleitgerät wird im Allgemeinen angestrebt, dass das Ziel mittig im Bild der Bildwiedergabeverrichtung erscheint. Bei der Durchführung des neuen Verfahrens wandert die Ablagemarke in der Umgebung des Zieles. Die Ablagemarke kann aufgefasst werden als Visualisierung der fiktiven Geschosse im jeweiligen Umfeld des Zieles.

[0017] Wie weiter oben erklärt, wird für die Berechnungen des Flugverhaltens der zu simulierenden Geschosse nur die innere Ballistik entsprechender Geschosse berücksichtigt. Dies ist sinnvoll, da mit dem Verfahren nur die Richtfehler, also nur das interne Verhalten des Waffensystems, getestet werden soll.

[0018] Beim neuen Verfahren erfolgen die oben beschriebenen Berechnungsschritte laufend und vorzugsweise getaktet, worunter zu verstehen ist, dass die Berechnungsschritte für die Wertepaare Fälligkeitszeitpunkte/Fälligkeitspositionen zu Berechnungszeitpunkten durchgeführt werden, die durch sehr kleine und vorzugsweise gleiche Zeitabstände getrennt sind. Die Bildwiedergabeverrichtung zeigt somit laufend für eine ganze Zieltrajektorie die Richtfehler des Waffensystems an.

[0019] Jeder Fälligkeitszeitpunkt wird vorzugsweise ausgehend von einem Berechnungszeitpunkt berechnet und er fällt daher im Allgemeinen nicht mit einem der nachfolgenden Berechnungszeitpunkte zusammen. Beim Richten des Waffenrohres zu einem Berechnungszeitpunkt muss daher im Allgemeinen die entsprechende Fälligkeitsposition durch eine Interpolation zwischen Fälligkeitspositionen bestimmt werden, deren zugehörige Fälligkeitszeitpunkte in der Nähe dieses Berechnungszeitpunktes liegen.

[0020] Beim neuen Verfahren müssen für die Berechnungen die Abweichung der Standorte des Feuerleitgerätes und der Waffe berücksichtigt werden. Das Verfahren kann auch dann durchgeführt werden, wenn sich die Waffe relativ zum Feuerleitgerät fortbewegt, also beispielsweise auf einem fahrenden Panzer montiert ist. In diesem Falle muss die sich verändernde Waffenposition laufend vermessen und in die Berechnungen miteinbezogen werden.

[0021] Die oben beschriebene Fortbewegung einer Waffe relativ zum Feuerleitgerät ist nicht zu verwechseln mit schwingungsartigen oder rüttelnden Bewegungen einer Waffe, die sich an einer bewegten Plattform, zum Beispiel an Bord eines Schiffes, befindet. Waffen auf Panzern können sowohl Fortbewegungen wie schwingungsartige Bewegungen durchführen. Zur Kompensation solcher schwingungsartiger Bewegungen verfügen die Schiffe beziehungsweise Panzer im Allgemeinen über Stabilisationsanlagen. Beim neuen Verfahren werden schwingungsartige Bewegungen, die

durch Stabilisationsanlagen kompensiert werden sollten, nicht in die Berechnungen einbezogen. Dies bedeutet, dass die Teststrecke nach dem neuen Verfahren nicht nur die Funktionen des Waffensystems zwischen dem Tracken des Zieles und dem Richten des Waffenrohres unter Berücksichtigung der Vorhaltrechnung umfasst, sondern auch die Wirkung der Stabilisationsanlagen einschliesst.

[0022] Bei der Beurteilung der Ergebnisse des neuen Verfahrens muss berücksichtigt werden, dass die Treffleistung eines Waffensystems im Allgemeinen eher besser ist als auf Grund der auf der Bildwiedergabeverrichtung erscheinenden Bilder vermutet würde, erstens, weil die als Waffen verwendeten Fliegerabwehrgeschütze meistens mehrere Waffenrohre aufweisen, zweitens, weil in einem Waffensystem einem Feuerleitgerät meist mehrere Waffen zugeordnet sind und drittens, weil beim Schiessen mit echten Geschossen immer mit Streuungen zu rechnen ist. Es ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass das neue Verfahren die Aussenballistik, welche die Treffleistung negativ beeinflussen kann, nicht einbezieht.

[0023] Zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens werden vorzugsweise eine am Feuerleitgerät angeordnete Bildaufnahmeverrichtung und eine mit dieser Bildaufnahmeverrichtung verbundene Bildwiedergabeverrichtung sowie eine Datenverarbeitungseinheit einschliesslich Software und Verbindungsvorrichtungen benötigt.

[0024] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Bildwiedergabeverrichtung so mit der Bildaufnahmeverrichtung verbunden, dass die aufgenommenen Bilder sofort laufend wiedergegeben werden.

[0025] Wird die Richtgenauigkeit nach dem neuen Verfahren an einem modernen Waffensystem getestet, so kann davon ausgegangen werden, dass das Feuerleitgerät ohnehin über ein Bildaufnahmegerät und über eine damit verbundene Bildwiedergabeverrichtung verfügt. Im Gegensatz zum herkömmlichen Zero-Test muss daher zur Durchführung des Verfahrens weder eine zusätzliche Bildaufnahmeverrichtung noch eine zusätzliche Bildwiedergabeverrichtung angeschafft werden. Im Allgemeinen ist auch die ohnehin vorhandene Datenverarbeitungseinheit ausreichend, so dass nur die erforderliche zusätzliche Software beschafft werden muss.

[0026] Als Bildaufnahmeverrichtung kann beispielsweise eine Videokamera benutzt werden.

[0027] Die Bildaufnahmeverrichtung kann temporär oder dauernd am Feuerleitgerät angeordnet sein.

[0028] Als Datenverarbeitungseinheit kann, wie schon erwähnt, im Allgemeinen die dem Waffensystem zugeordnete Datenverarbeitungseinheit benutzt werden. Diese Einheit kann ausschliesslich am Feuerleitgerät oder teils am Feuerleitgerät und teils an der Waffe selbst angeordnet sein. Es kann auch eine separate und ggfs. von Waffe und Feuerleitgerät getrennte Rechner-

und/oder Speichereinheit benutzt werden, die ggfs. modularartig zugeschaltet werden kann.

[0029] Wie weiter oben erwähnt, muss die relative Lage, das heisst die Distanz und die Winkellage, zwischen Waffe und Feuerleitgerät bekannt sein und in den Berechnungen berücksichtigt werden.

[0030] Sind sowohl die Waffe wie auch das Feuerleitgerät ortsfest, so bezeichnet man diese relative Lage als Geschützparallaxe. Die relative Lage muss vor Beginn des Verfahrens bestimmt werden. Zur Bestimmung der relativen Lage wird eine Positionsmesseinrichtung verwendet. Hierbei kann es sich um eine vollständig externe Einrichtung in der Art einer Triangulationseinrichtung oder um eine interne Einrichtung des Waffensystems handeln oder um eine mit einem GPS zusammenwirkende Einrichtung handeln.

[0031] Die relative Lage zwischen Waffe und Feuerleitgerät kann sich aber auch verändern, zum Beispiel, wenn die Waffe auf einem sich fortbewegenden Vehikel, zum Beispiel auf einem Panzer, montiert ist, während das Feuerleitgerät ortsfest ist. In diesem Falle muss die laufende Veränderung der relativen Lage erfasst und laufend berücksichtigt werden in den Berechnungen, die bei der Durchführung des Verfahrens erfolgen. Die Positionsmesseinrichtung kann daher keine reinexterne Einrichtung sein. Die Positionsmesseinrichtung ist mit der Datenverarbeitungsanlage verbunden und die Software muss dazu ausgebildet sein, die laufende Änderung der relativen Lage in die Berechnungen des Verfahrens einzubeziehen.

[0032] Das neue Verfahren eignet sich besonders zur Beurteilung der Richtfehler von Waffensystemen mit mehreren Waffen und einem Feuerleitgerät. Die Richtfehler der verschiedenen Waffen lassen sich simultan visualisieren und können unterschieden werden, indem jeder Waffe eine eigene Ablagemarke zugeordnet wird, die sich von den anderen Ablagemarken unterscheidet.

[0033] Weiter Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden anhand eines Beispiels und mit Bezug auf die Zeichnung ausführlich beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein ortsfestes Waffensystem, wobei sich Feuerleitgerät und Waffe in derselben Position befinden, sowie ein Ziel und ein Geschoss in verschiedenen Lagen während der Durchführung des Verfahrens;

Fig. 2 eine Bildwiedergabevorrichtung mit einem visualisierten Bild für ein Waffensystem mit einer Waffe;

Fig. 3 ein ortsfestes Waffensystem, wobei sich Feuerleitgerät und Waffe nicht in derselben Position befinden, sowie ein Ziel und ein Geschoss in verschiedenen Lagen während der Durchführung des Verfahrens;

Fig. 4 ein Waffensystem mit einem auf bewegten Vehikel montierten Waffe in zwei Stellungen und einem ortsfesten Feuerleitgerät, sowie ein Ziel und ein Geschoss in verschiedenen Lagen während der Durchführung des Verfahrens;

Fig. 5 ein Waffensystem mit zwei auf ein gemeinsames Ziel gerichteten Waffen, in gleicher Darstellung wie Fig. 1; und

Fig. 6 eine Bildwiedergabevorrichtung mit einem visualisierten Bild für ein Waffensystem mit zwei Waffen;

[0034] Anhand der **Fig. 1** bis **6** wird die Erfindung erläutert; beschrieben werden die Vorgänge in einem Berechnungszeitpunkt **Tc**. In Wirklichkeit werden diese Berechnungen laufend bzw. wiederholt in einer Vielzahl von aufeinander folgenden Berechnungszeitpunkten durchgeführt, und auch die Bildaufnahmeverrichtung arbeitet vorzugsweise laufend bzw. wiederholt in einer Vielzahl von Aufnahmemomenten.

[0035] **Fig. 1** zeigt ein Waffensystem, das auf seine Richtgenauigkeit überprüft werden soll beziehungsweise dessen Richtfehler ermittelt werden sollen. Das Waffensystem weist ein Feuerleitgerät **F** und eine Waffe **W** mit einem Waffenrohr **B** und Richtmittel zum Richten des Waffenrohres **B** auf; vereinfachend ist angenommen, dass sich das Feuerleitgerät **F** und die Waffe **W** an derselben Position befinden. Die Waffenrohrachse und ihre über das Waffenrohr **B** hinausgehende Verlängerung ist mit **B.1** bezeichnet. Dem Waffensystem ist eine Datenverarbeitungsanlage **EDV** mit der für den üblichen Schiessbetrieb benötigten Software **S** zugeordnet.

[0036] Zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung wird eine Bildaufnahmeverrichtung **V**, eine Bildwiedergabevorrichtung **M** und eine Rechneinheit mit einer spezifischen Software **S.1** benutzt. Moderne Waffensysteme weisen im Allgemeinen eine dem Feuerleitgerät zugeordnete beziehungsweise am Feuerleitgerät angeordnete Bildaufnahmeverrichtung und eine zugehörige Bildwiedergabevorrichtung auf, die für das neue Verfahren eingesetzt werden. Als Rechneinheit kann die dem Waffensystem zugeordnete Datenverarbeitungsanlage **EDV** benutzt werden; die spezifische Software **S.1** ist dann in dieser Datenverarbeitungsanlage **EDV** des Feuerleitgerätes **F** implementiert.

[0037] Die Bildaufnahmeverrichtung **V** ist am Feuerleitgerät **F** angeordnet, und zwar so, dass sie die dem Ziel **Z** folgenden Track-Bewegungen des Feuerleitgerätes **F** solidarisch mit dem Feuerleitgerät **F** ausführt.

[0038] Die Bildwiedergabevorrichtung **M** ist beispielsweise ein Monitor. Sie ist mit der Bildaufnahmeverrichtung **V** verbunden und dazu bestimmt, die von der Bildaufnahmeverrichtung **M** aufgenommenen Bilder sichtbar zu machen.

[0039] Die Rechneinheit kann in der Datenverarbeitungs-

tungsanlage **EDV** des Waffensystems integriert sein; im Allgemeinen wird die Funktion der Rechneinheit durch die ohnehin vorhandene Datenverarbeitungsanlage **EDV** des Waffensystems wahrgenommen, so dass nur die spezifische Software **S.1** zusätzlich benötigt wird.

[0040] **Fig. 1** zeigt im Weiteren ein Ziel **Z**, das im Zeitpunkt **T_c** die Position **P_c** einnimmt. Das Ziel **Z** bewegt sich auf einer Zieltrajektorie; in **Fig. 1** ist ein erster Abschnitt der Zieltrajektorie **z₋**, der vor dem Zeitpunkt **T_c** durchflogen wurde, durch eine ausgezogene Linie dargestellt, während derjenige Abschnitt der Zieltrajektorie **z₊**, die nach dem Zeitpunkt **T_c** vermutlich durchflogen werden wird, durch eine gestrichelte Linie dargestellt ist; eine strichpunktierte Linie stellt diejenige Zieltrajektorie **z_{eff}** dar, die tatsächlich nach dem Zeitpunkt **T_c** durchflogen wird aber im Zeitpunkt **T_c** noch nicht bekannt ist.

[0041] Das Ziel **Z** wird vom Feuerleitgerät **F** verfolgt beziehungsweise getrackt, und der Bewegungszustand des Zieles **Z** wird dabei ermittelt. Das Ziel **Z** hatte im Zeitpunkt **T_a** die Position **P_a** und im Zeitpunkt **T_b** die Position **P_b** eingenommen. Eine Datenverarbeitungseinheit **EDV**, die dem Waffensystem zugeordnet ist, berechnet im Zeitpunkt **T_c** retrospektiv den Bewegungszustand des Zieles **Z**, der die Zieltrajektorie **z₋** beinhaltet, bis zum Zeitpunkt **T_c**.

[0042] Im Zeitpunkt **T_c** wird in an sich bekannter Weise eine Vorhaltrechnung durchgeführt. Auf Grund der ermittelten Bewegungszustände des Zieles **Z** berechnet die Datenverarbeitungseinheit **EDV** durch eine Extrapolation den erwarteten zukünftigen Bewegungszustand des Zieles **Z**, dem die Zieltrajektorie **z₊** entspricht. Bestimmt werden ein sogenannter Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** sowie eine zugehörige Fälligkeitsposition **P^{*}** derart, dass ein Geschoss **G**, das im Zeitpunkt **T_c** von einem Waffenrohr **B** einer Waffe **W** abgeschossen würde, zum Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** an der Fälligkeitsposition **P^{*}** eintreffen würde. In die Berechnung werden die Geschossgeschwindigkeit und die innere Ballistik des Geschoss **P** einbezogen. Falls eine Abweichung der Lage der Waffe **W** von der Lage des Feuerleitgerätes **F**, das heisst eine Geschützparallaxe, besteht, so muss auch diese Abweichung in die Berechnung einbezogen werden. Zu diesem Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** wird das Ziel **Z** in der näheren Umgebung der entsprechenden Fälligkeitsposition **P^{*}** erwartet. Das Ziel **Z** erreicht vermutlich nicht genau die erwartete Fälligkeitsposition, weil sein tatsächlicher Bewegungszustand beziehungsweise seine Zieltrajektorie **z_{eff}** im Allgemeinen nicht dem berechneten Bewegungszustand beziehungsweise der berechneten Zieltrajektorie **z₊** gleich ist.

[0043] Die Vorhaltrechnung erfolgt laufend. Das für jeden Fälligkeitszeitpunkte **T^{*}** und die zugehörige Fälligkeitspositionen **P^{*}** des Zieles **Z** ermittelte Wertepaar **P^{*}/T^{*}** wird in einem Speicher der Datenverarbeitungseinheit **EDV** in einer Art Tabelle gespeichert. Diese Tabelle wird laufend aktualisiert auf Grund weiterer Ermittlungen von Bewegungszuständen des auf der Zieltra-

jektorie **z_{eff}** weiterfliegenden Zieles **Z**.

Sobald der Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** erreicht ist, wird das Waffenrohr **B** auf die Fälligkeitsposition **P^{*}** gerichtet. Im Allgemeinen wird aber der Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** nicht exakt mit einem Berechnungszeitpunkt zusammenfallen. In diesem Fall wird als Fälligkeitszeitpunkt der unmittelbar dem Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** folgende Berechnungszeitpunkt benützt. Die zu diesem Zeitpunkt zugehörige Fälligkeitsposition wird dann durch Interpolation zwischen dem Wertepaar **T^{*}; P^{*}** und einem zu ihm benachbarten Wertepaar aus den gespeicherten Wertepaaren von Fälligkeitspositionen und Fälligkeitszeitpunkten bestimmt. Würde ein echtes Geschoss **G** im Zeitpunkt **T_c** auf diese Fälligkeitsposition **P^{*}** abgeschossen, so würde es längs einer Geschosstrajektorie **g** fliegen und würde im Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** an der Fälligkeitsposition **P^{*}** ankommen. Das Ziel **Z** befindet sich im Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** im Umfeld **A** dieser Fälligkeitsposition **P^{*}**, so dass mit ziemlicher Sicherheit ein Treffer zustande käme, wenn das Geschoss **G** tatsächlich abgeschossen worden wäre.

[0044] Nach der Erfindung erfolgt das laufende Richten des Waffenrohres **B** auf die jeweilige Fälligkeitsposition nicht wie beim Schiessen zu Beginn der Geschossflugdauer und zwecks Abschuss eines Geschosses, sondern erst zu Ende der Geschossflugdauer und somit im jeweils entsprechenden Fälligkeitszeitpunkt.

[0045] Die Waffe **W** übermittelt der Datenverarbeitungsanlage **EDV** laufend Daten, welche die Stellung beschreiben, die das Waffenrohr **B** aus der Sicht der Waffe **W** im jeweiligen Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** einnimmt, also Daten beziehungsweise eine Richtung **β_{eff}**, welche die Ist-Stellung des Waffenrohres **B** im Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** beschreiben. Die Datenverarbeitungsanlage **EDV** ihrerseits berechnet, unter Berücksichtigung der Position des Zieles **Z** und der Abweichung der Lage von Feuerleitgerät **F** und Waffe **W**, die theoretisch korrekte Blickrichtung von der Waffe **W** auf das Ziel **Z** im Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}**, also Daten beziehungsweise eine Richtung **β^{*}**, welche die Soll-Stellung des Waffenrohres **B** im Fälligkeitszeitpunkt **T^{*}** beschreiben. Sodann wird die Differenz von **β_{eff}** und **β^{*}** berechnet, woraus man einen Winkel erhält, der als Richtfehler **ρ** bezeichnet wird. Der Richtfehler **ρ** wird bestimmt durch seine horizontale und vertikale Komponente bezüglich der Blickrichtung der Waffe **W** auf das Ziel **Z**.

[0046] Auf der Bildwiedergabevorrichtung **M** wird, wie in **Fig. 2** dargestellt, laufend der Richtfehler **ρ** sichtbar gemacht; hierzu wird eine Ablagemarke **Y** visualisiert, deren Ablage **b** von einem Referenzpunkt **0** den Richtfehler **ρ** massstäblich in seiner horizontalen und vertikalen Komponente bezüglich der Blickrichtung der Waffe **W** auf das Ziel **Z** wiedergibt; als Referenzpunkt **0** wird im Allgemeinen die Bildmitte verwendet, und der benutzte Massstab entspricht dem Blickfeld der Bildaufnahmeverrichtung. Von der Bildaufnahmeverrichtung **V** wird ein Bild des Zieles **Z** aufgenommen und ebenfalls mit Hilfe der Bildwiedergabevorrichtung **V** visualisiert.

[0047] Auf dem von der Bildwiedergabevorrichtung **M** wiedergegebenen Bild des das Ziel umgebenden Raumes **A** sind somit laufend gleichzeitig das Bild des tatsächlichen Zieles **Z** und die den Richtfehler repräsentierende Ablagemarke **Y** sichtbar.

[0048] Die Verfolgung des Zieles **Z** durch das Feuerleitgerät **F** erfolgt im Allgemeinen so, dass auf dem wiedergegebenen Bild das Ziel **Z** mindestens annähernd auf den Referenzpunkt **0** fällt. Die Ablagemarke **Y** kann dann als Geschoss **G** beziehungsweise als Ende der Geschosstrajektorie **g** interpretiert werden, so dass die Darstellung des Richtfehlers ρ sehr anschaulich ist. Da die verschiedenen Schritte des Verfahrens laufend durchgeführt werden, wandert die Ablagemarke **Y** im Allgemeinen im Bereich des visualisierten Zieles **Z**.

[0049] Mit Hilfe von Fig. 3, die nicht massstäblich ist, sind die oben beschriebenen Vorgänge nochmals dargestellt, jedoch wird hier angenommen, dass zwischen dem Feuerleitgerät **F** und der Waffe **W** eine Distanz **d** liegt. Die relative Lage von Feuerleitgerät **F** und Waffe **W** wird durch eine Positionsmesseinrichtung **F-W** ausgemessen; hierbei kann es sich um eine interne Positionsmesseinrichtung des Waffensystems oder um eine vollständig externe Positionsmesseinrichtung handeln.

[0050] Zum Zeitpunkt **Tc** ist das Feuerleitgerät **F**, beziehungsweise seine Such- und Trackeinheit, in einem Bereich **C** wirksam und das Ziel **Z** befindet sich in der Position **Pc**. Das Waffenrohr **B** wäre auf die Fälligkeitsposition **P*** gerichtet, falls beabsichtigt wäre, ein Geschoss **G** abzuschießen; dieses Geschoss **G** wäre noch im Waffenrohr **B** am Anfang seiner Geschosstrajektorie **g**, die es durchfliegen würde. Zum Fälligkeitszeitpunkt **T***, also nach Ablauf der Geschossflugdauer während welcher ein solches Geschoss **G** unterwegs wäre, befindet sich das Ziel **Z** in der Nähe der Fälligkeitsposition **P*** und das Waffenrohr **B** ist auf die Fälligkeitsposition **P*** gerichtet. Der Richtfehler stellt sich in Fig. 4 als Winkel ρ dar.

[0051] Fig. 4 zeigt ein Waffensystem mit einem ortsfesten Feuerleitgerät **F** und einer auf einem bewegten Vehikel **Q** montierten Waffe **W**, wobei die Distanz **d** und die Winkellage δ zwischen dem Feuerleitgerät **F** laufend ändern; sie betragen im Zeitpunkt **Tc** **d1** und $\delta 1$ und im Zeitpunkt **T*c** **d2** und $\delta 2$. Das Waffensystem **W** besitzt eine interne Positionsmesseinrichtung **W-F** oder eine mit einem GPS zusammenwirkende Positionsmesseinrichtung **W-F**, welche mit der Datenverarbeitungsanlage **EDV** verbunden ist. Die Software **S.1** ist dazu ausgebildet, die laufende Veränderung der Distanz **d** und der Winkellage δ zwischen Waffe **W** und Feuerleitgerät **F** in die Berechnungen einzubeziehen.

[0052] Fig. 5 zeigt ein weiteres Waffensystem, welches das Feuerleitgerät **F**, die Waffe **W** und eine zusätzliche Waffe **W'** umfasst. Das Verfahren nach der Erfindung spielt sich hier wie folgt ab: Alle Schritte, die nur das Ziel **Z** beziehungsweise die Bewegungen des Zieles **Z** betreffen, sind sowohl für die Waffe **W** wie auch für die Waffe **W'** gültig. Alle Berechnungen, die entweder

die Waffe **W** oder die Waffe **W'** betreffen, werden separat durchgeführt. Insbesondere werden für das Ziel **Z** die Zieltrajektorien **z-**, **z+** bestimmt. Unter Berücksichtigung der Stellungen der Waffen **W** beziehungsweise **W'** werden die Fälligkeitszeitpunkte **T*** beziehungsweise **T**** sowie die zugehörigen Fälligkeitspositionen **P*c**, **P**** bestimmt und die Waffen **W** und **W'** entsprechend gerichtet. Für die Waffe **W** werden die Ist-Richtung und die Soll-Richtung des Waffenrohres **B** beziehungsweise die Richtungen β_{eff} und β^* , jeweils aus der Sicht der Waffe **W**, sowie deren Differenz, das heisst der Richtfehler ρ bestimmt. In gleicher Weise werden für die Waffe **W'**, β_{eff}' , β^{**} und ρ' bestimmt. Auf dem Monitor **M** werden gemäss Fig. 7 der Richtfehler ρ der Waffe **W** und der Richtfehler ρ' der weiteren Waffe **W'** dargestellt, wobei der weiteren Waffe **W'** eine Ablagemarke **Y'** zugeordnet ist, die sich in Form und/oder Farbe von der Ablagemarke **Y** unterscheidet. Die Ablagemarken **Y**, **Y'** wandern in der Umgebung des Referenzpunktes **0** beziehungsweise des Zieles **Z**; mit **Y1**, **Y2** ist die Ablagemarke **Y** in späteren Zeitpunkten, mit **Y1'**, **Y2'** die Ablagemarke **Y'** in späteren Zeitpunkten dargestellt.

25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Beurteilen der Richtfehler eines Waffensystems, welches Waffensystem ein Feuerleitgerät (**F**) zum Verfolgen eines Zieles (**Z**), eine Waffe (**W**) mit einem Waffenrohr (**B**), Richtmittel zum Richten des Waffenrohres (**B**) und eine Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) aufweist, wobei

- das Feuerleitgerät (**F**) das Ziel (**Z**) verfolgt,
- die Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) wiederholt Vorhaltrechnung durchführt,
- das Waffenrohr (**B**) auf Grund der Vorhaltrechnung gerichtet wird,
- die Datenverarbeitungsanlage (**EDV**)
 - von der Waffe (**W**) eine Meldung über eine Ist-Richtung (β_{eff}) des gerichteten Waffenrohres (**B**) aus der Sicht der Waffe erhält und
 - unter Berücksichtigung einer Abweichung zwischen dem Feuerleitgerätes (**F**) und der Waffe (**W**) eine Soll-Richtung (β^*) des Waffenrohres (**B**) aus Sicht der Waffe (**W**) berechnet, und
 - den Richtfehler (ρ) als Differenz zwischen der Ist-Richtung (β_{eff}) und der Soll-Richtung (β^*) berechnet,
- eine am Feuerleitgerät angeordnete Bildaufnahmevorrichtung (**V**), die
 - Bilder des Zieles (**Z**) und seiner Umgebung (**A**) aufnimmt, und

- eine Bildwiedergabevorrichtung (**M**),
 - die von der Bildaufnahmevorrichtung (**V**) aufgenommenen Bilder und
 - eine Ablagemarke (**Y**) in einer Ablage (**b**) von einem Referenzpunkt (**0**) sichtbar macht, welche Ablage (**b**) mit dem Richtfehler (ρ) korreliert ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** das Feuerleitgerät (**F**) wiederholt beim Verfolgen des Zieles (**Z**) Messungen durchführt, um Positionen des Zieles (**Z**) und Zeitpunkte, zu welchen das Ziel (**Z**) diese Positionen einnimmt, zu erfassen,
 - **dass** die Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) wiederholt in einem jeweils als Berechnungszeitpunkt gewählten Zeitpunkt (**Tc**)
 - basierend auf den Messungen des Feuerleitgerätes (**F**) den bisherigen Bewegungszustand des Zieles (**Z**) berechnet,
 - basierend auf dem bisherigen Bewegungszustand des Zieles (**Z**) den erwarteten zukünftigen Bewegungszustand des Zieles (**Z**) berechnet,
 - einen Fälligkeitszeitpunkt (**T***) und eine zugehörige Fälligkeitsposition (**P***) bestimmt unter Berücksichtigung einer Abweichung (d, δ) der Positionen von Waffe (**W**) und Feuerleitgerät (**F**), der Geschwindigkeit und Innenballistik von verwendbaren Geschossen (**G**), derart, dass im Fälligkeitszeitpunkt (**T***) ein Geschoss (**G**), das im Berechnungszeitpunkt (**Tc**) abgeschossen würde, an der Fälligkeitsposition (**P***) eintreffen würde, und das Ziel (**Z**) in der Umgebung (**A**) der Fälligkeitsposition (**P***) eintrifft,
 - bei Erreichen des Fälligkeitszeitpunktes (**T***) den Richtmitteln zum Richten des Waffenrohres (**B**) ein Signal zur Verfügung stellt, und
 - **dass** das Richten des Waffenrohres (**B**) in diesem Fälligkeitszeitpunkt (**T***) auf diese Fälligkeitsposition (**P***) erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** durch das Verfahren bedingte Verzögerungen, insbesondere Verzögerungen bei der Übertragung von Signalen und der Durchführung von Bewegungen beim Richten des Waffenrohres (**B**), in den Berechnungen berücksichtigt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Abweichung (d, δ) zwischen der Waffe (**W**) und dem Feuerleitgerät (**F**) wiederholt vermessen und Änderungen dieser Abweichung (d) infolge Fortbewegung der Waffe (**W**) in Berechnungen einbezogen werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Waffensystem eine weitere Waffe (**W'**) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** die die weitere Waffe (**W'**) betreffenden Berechnungen analog wie die die erstgenannte Waffe (**W**) betreffenden Berechnungen durchgeführt werden, und
 - **dass** der weiteren Waffe (**W'**) eine weitere Ablagemarke (**Y'**) zugeordnet ist, um ihren Richtfehler (ρ') synchron mit dem Richtfehler (ρ) der erstgenannte Waffe (**W**) zu visualisieren.
6. Vorrichtung (**M, V, S.1**) zum Beurteilen der Richtfehler eines Waffensystems, welches ein Feuerleitgerät (**F**), eine Waffe (**W**) mit einem Waffenrohr (**B**), Richtmittel zum Richten des Waffenrohres (**B**) und eine Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) aufweist, wobei
- das Feuerleitgerät (**F**) eine Sensorvorrichtung besitzt, um wiederholt die jeweiligen Positionen des Zieles (**Z**) zu vermessen, und
 - die Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) dazu ausgebildet ist, wiederholt eine Vorhaltrechnung durchzuführen, um jeweils eine Fälligkeitsposition (**P***) und einen Fälligkeitszeitpunkt (**T***) zu berechnen und bei Erreichen des Fälligkeitszeitpunktes (**T***) den Richtmitteln ein Signal zur Verfügung zu stellen, um das Waffenrohr (**B**) auf die Fälligkeitsposition (**P***) zu richten,
- welche Vorrichtung
- eine am Feuerleitgerät (**F**) angeordnete Bildaufnahmevorrichtung [**V**] zur Erfassung von Bildern des Ziels (**Z**) und
 - eine Bildwiedergabevorrichtung (**M**) aufweist, um die erfassten Bilder und eine den Richtfehler (ρ) repräsentierende Ablagemarke (**Y**) in einer Ablage (**b**) von einem Referenzpunkt (**0**) sichtbar zu machen, wobei
 - die Datenverarbeitungsanlage (**EDV**) eine Software (**S.1**) besitzt, um
 - von der Waffe (**W**) ein Positionssignal zu empfangen, das eine Ist-Richtung (β_{eff}) des Waffenrohres (**B**) aus der Sicht der Waffe (**W**) beschreibt,

- unter Berücksichtigung der Abweichung (d , δ) zwischen der Waffe (**W**) und dem Feuerleitgerät (**F**) eines Soll-Richtung (β^*) des Waffenrohres (**B**) aus der Sicht der Waffe (**W**) zu berechnen, 5
 - die dem Richtfehler (p) entsprechende Differenz der Ist-Richtung (β_{eff}) und der Soll-Richtung (β^*) zu berechnen und der Bildwiedergabevorrichtung (**M**) ein dieser Differenz entsprechendes Signal zur Verfügung zu stellen, und wobei 10
 - die Bildwiedergabevorrichtung (**M**) dazu ausgebildet ist, die Ablage (**b**) der Ablagemarke (**Y**) vom Referenzpunkt (**0**), welche als Richtfehler (p) interpretierbar ist, auf Grund dieses Signals wiederzugeben. 15
7. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, 20
- dass** die Bildwiedergabevorrichtung (**M**) so ausgebildet und mit der Bildaufnahmevorrichtung (**V**) verbunden ist, dass die Bilder wiederholt aufgenommen und/oder sofort sichtbar gemacht werden.
8. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, 25
- dass** die Bildaufnahmevorrichtung (**V**) eine Videokamera, vorzugsweise eine Videokamera des Feuerleitgerätes (**F**) ist. 30
9. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, 35
- dass** die Bildwiedergabevorrichtung (**M**) ein Monitor, vorzugsweise ein Monitor des Feuerleitgerätes (**F**) ist.
10. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, 40
- **dass** sie eine Positionsvermessungseinrichtung (**F-W**) aufweist, um bei einer Fortbewegung der Waffe (**W**) relativ zum Feuerleitgerät (**F**) die Änderung einer Position der Waffe (**W**) zu vermessen, und 45
 - **dass** die Datenverarbeitungseinheit (**EDV**) dazu ausgebildet ist, die Änderung der Position der Waffe (**W**) in Berechnungen einzubeziehen. 50
11. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, 55
- dass** die Positionsvermessungseinrichtung (**F-W**) eine interne Einrichtung des Waffensystems ist.
12. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Positionsvermessungseinrichtung (**F-W**) eine mit externen Mitteln, beispielsweise mit einem GPS, zusammenwirkende Einrichtung ist.
13. Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 12, wobei das Waffensystem eine weitere Waffe (**W'**) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** die Software (**S.1**) dazu ausgebildet ist, die die weitere Waffe (**W'**) betreffenden Berechnungen analog zu den die erstgenannte Waffe (**W**) betreffenden Berechnungen durchzuführen, und
 - **dass** die Bildwiedergabevorrichtung (**M**) so ausgebildet ist, dass der weiteren Waffe (**W'**) eine Ablagemarke (**Y'**) zugeordnet ist, die sich von der Ablagemarke (**Y**) unterscheidet, um simultan zur Darstellung des Richtfehlers (p) der Waffe (**W**) den Richtfehler (p') der weiteren Waffe (**W'**) darzustellen.
14. Verwendung der Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Waffe (**W**) auf einem Vehikel (**Q**) montiert und das Feuerleitgerät (**F**) ortsfest sind.
15. Verwendung der Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Waffe (**W**) und das Feuerleitgerät [**F**] auf einem Vehikel (**Q**) montiert sind.
16. Verwendung der Vorrichtung (**M, V, S.1**) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Waffe (**W**) auf einem schwingungsartige und/oder rüttelnde Bewegungen ausführenden Vehikel (**Q**) montiert und relativ zu diesem Vehikel (**Q**) mit Hilfe einer Stabilisationseinrichtung stabilisiert ist.

Claims

1. Method for assessing the aiming errors of a weapon system exhibiting a fire control unit (F) to track a target (Z), a weapon (W) with a weapon barrel (B), means for aiming said weapon barrel (B) and a data processing unit (EDV), whereby
- the fire control unit (F) tracks the target (Z),
 - the data processing unit (EDV) repeatedly performs a lead calculation,
 - the weapon barrel (B) is aimed on the basis of

- the lead calculation,
- the data processing unit (EDV)
 - receives a message from the weapon (W) about the actual direction (β_{eff}) of the aimed weapon barrel (B) as seen by the weapon, and
 - allowing for a deviation between the fire control unit (F) and the weapon (W), calculates a prescribed direction (β^*) of the weapon barrel (B) as seen by the weapon (W), and
 - calculates the aiming error (ρ) as the difference between the actual direction (β_{eff}) and the prescribed direction (β^*),
 - an imaging device (V) arranged on the fire control unit (F)
 - records images of the target (Z) and its surroundings (A), and
 - an image display device (M)
 - visualizes the images recorded by the imaging device (V), and
 - an error marker (Y) at a deviation (b) from a reference point (0), said deviation (b) being correlated with the aiming error (ρ).
2. Method according to claim 1, **characterized in that**
- the fire control unit (F) repeatedly conducts measurements in tracking the target (Z) to detect positions of the target (Z) and times at which the target (Z) assumes these positions,
 - the data processing unit (EDV) repeatedly, at a time (T_c) selected as the time of calculation, calculates the previous movement status of the target (Z) on the basis of the measurements by the fire control unit (F),
 - calculates the expected future movement status of the target (Z) on the basis of the previous movement status of the target (Z),
 - determines an anticipated time (T^*) and an associated anticipated position (P^*), allowing for a difference (d, δ) between the positions of the weapon (W) and the fire control unit (F), the velocity and internal ballistics of usable projectiles (G), in such a way that at the anticipated time (T^*) a projectile (G), if fired at the time of calculation (T_c), would arrive at the anticipated position (P^*), and the target (Z) arrives in the surroundings (A) of the anticipated position (P^*),
 - sends the means for aiming the weapon barrel (B) a signal when the anticipated time (T^*) is reached,
 - the aiming of the weapon barrel (B) at this an-
- anticipated time (T^*) is at the anticipated position (P^*).
3. Method according to one of the claims 1 and 2, **characterized in that** delays produced by the method, in particular delays in transmitting signals and moving the weapon barrel (B) to aim it, are considered in the calculations.
4. Method according to one of the claims 1 through 3, **characterized in that** the difference (d, δ) between the weapon (W) and the fire control unit (F) is repeatedly measured, and changes in this difference (d) as a result of movement of the weapon (W) are considered in calculations.
5. Method according to one of the claims 1 through 4, whereby the weapon system comprises a further weapon (W'), **characterized in that**
- the calculations relating to the further weapon (W') are performed analogously to the calculations for the first weapon (W), and
 - the further weapon (W') is allocated a further error marker (Y') to visualize an aiming error (ρ') synchronously with the aiming error (ρ) of the first weapon (W).
6. Device (M, V, S.1) for assessing the aiming errors of a weapon system exhibiting a fire control unit (F), a weapon (W) with a weapon barrel (B), means for aiming said weapon barrel (B) and a data processing unit (EDV), whereby
- the fire control unit (F) possesses a sensor device to repeatedly measure the particular positions of the target (Z), and
 - the data processing unit (EDV) is designed to repeatedly perform a lead calculation to determine an anticipated position (P^*) and an anticipated time (T^*) and, when said anticipated time (T^*) is reached, to provide the aiming means with a signal to aim the weapon barrel (B) at the anticipated position (P^*),
- said device exhibiting
- an imaging device (V) arranged on the fire control unit (F) to acquire images of the target (Z), and
 - an image display device (M) to visualize the acquired images and an error marker (Y) representing the aiming error (ρ) with a deviation (b) from a reference point (0), whereby
 - the data processing unit (EDV) is configured with software (S.1)
 - to receive a position signal from the weap-

- on (W) that describes an actual direction (β_{eff}) of the weapon barrel (B) as seen from the weapon (W),
- to calculate a prescribed direction (β^*) of the weapon barrel (B) as seen from the weapon (W), allowing for the difference (d , δ) between the weapon (W) and the fire control unit (F),
 - to calculate the difference between the actual direction (β_{eff}) and the prescribed direction (β^*) corresponding to the aiming error (ρ), and to provide the image display device (M) with a signal that corresponds to this difference, whereby
- the image display device (M) is designed to reproduce on the basis of this signal the deviation (b) of the error marker (Y) from the reference point (O) that can be interpreted as the aiming error (ρ).
7. Device (M, V, S.1) according to claim 6, **characterized in that** the image display device (M) is accordingly designed and connected to the imaging device (V) so that the images are repeatedly recorded and/or immediately visualized.
8. Device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 and 7, **characterized in that** the imaging device (V) is a video camera, preferably a video camera of the fire control unit (F).
9. Device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 8, **characterized in that** the image display device (M) is a monitor, preferably a monitor of the fire control unit (F).
10. Device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 9, **characterized in that**
- it exhibits a position measuring device (F-W) to measure a change in the location of the weapon (W) relative to the fire control unit (F) upon movement of the weapon (W), and
 - the data processing unit (EDV) is designed to include the change in the location of the weapon (W) in calculations.
11. Device (M, V, S.1) according to claim 10, **characterized in that** the position measuring device (F-W) is an internal device of the weapon system.
12. Device (M, V, S.1) according to claim 10, **characterized in that** the position measuring device (F-W) is a device working with external means, for example with

GPS.

13. Device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 12, whereby the weapon system comprises a further weapon (W'), **characterized in that**
- the software (S.1) is configured to perform the calculations relating to the further weapon (W') analogously to the calculations relating to the first weapon (W), and
 - the image display device (M) is designed so that the further weapon (W') is allocated an error marker (Y') that is distinct from the error marker (Y), allowing simultaneous display of the aiming error (ρ) of the weapon (W) and the aiming error (ρ') of the further weapon (W').
14. Use of the device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 13, **characterized in that** the weapon (W) is mounted on a vehicle (Q) and the fire control unit (F) is stationary.
15. Use of the device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 13, **characterized in that** the weapon (W) and the fire control unit (F) are mounted on a vehicle (Q).
16. Use of the device (M, V, S.1) according to one of the claims 6 through 13, **characterized in that** the weapon (W) is mounted on a vehicle (Q) that subjects it to vibration and/or jolting and is stabilized in relation to this vehicle (Q) by a stabilizing means.

Revendications

1. Procédé permettant d'évaluer l'erreur de pointage d'un système d'arme, ledit système d'arme comportant un appareil de conduite de tir (F) destiné à poursuivre une cible (z), une arme (W) comportant un canon (B), des moyens de pointage destinés à orienter le canon (B), et une unité de traitement des données (EDV), dans lequel
- l'appareil de conduite de tir (F) poursuit la cible (z),
 - l'installation de traitement des données (EDV) exécute de façon répétée un calcul de dérivation,
 - le canon (B) est pointé sur la base du calcul de dérivation,
 - l'installation de traitement des données (EDV) obtient de l'arme (W) une information sur une direction réelle (β_{eff}) du canon pointé (B) dans la perspective de l'arme, et
 - en tenant compte d'une déviation entre l'appareil de conduite de tir (F) et l'arme

- (W), calcule une direction théorique (β^*) du canon (B) dans la perspective de l'arme (W), et
- calcule l'erreur de pointage (ρ) en tant que différence entre la direction réelle (β) et la direction théorique (β^*)
- 5
- un dispositif de prise de vues (V) est disposé sur l'appareil de conduite de tir et prend des images de la cible (z) et de son environnement (A), et
 - un dispositif de reproduction d'images (M),
 - qui reproduit les images prises par le dispositif de prise de vues (V), et
 - qui permet de visualiser une marque de déviation (Y) en une déviation (b) à un point de référence (O), ladite déviation (b) étant corrélée à l'erreur de pointage (ρ).
- 10 15 20
- 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que**
- l'appareil de conduite de tir (F) exécute de façon répétée, lors de la poursuite de la cible (z), des mesures pour capter des positions de la cible (z) et des moments auxquels la cible (z) occupe ces positions,
 - l'installation de traitement des données (EDV), de façon répétée, en un moment respectif choisi respectivement en tant que moment de calcul,
 - calcule, sur la base des mesures de l'appareil de conduite de tir (F), l'état de déplacement de la cible (z) jusqu'alors occupé,
 - calcule, sur la base de l'état de déplacement de la cible (z) jusqu'alors occupé, l'état de déplacement futur attendu de la cible (z),
 - détermine un moment d'impact (T^*) et une position d'impact (P^*) associée en tenant compte d'une déviation (d, δ) des positions de l'arme (W) et de l'appareil de conduite de tir (F), de la vitesse et de la balistique intérieure des projectiles utilisables (G), de façon telle qu'au moment d'impact (T^*), un projectile (G) qui serait tiré au moment de calcul (T_c) toucherait la position d'impact (P^*), et que la cible (z) se trouverait aux environs (A) de la position d'impact (P^*),
 - lors de l'atteinte du moment d'impact (T^*), un signal est mis à disposition des moyens de pointage pour orienter le canon (B), et
 - l'orientation du canon (B) à ce moment d'impact (T^*) se fait sur cette position d'impact (P^*).
- 25 30 35 40 45 50 55
- 3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que**
- les retards conditionnés par le procédé, en particulier les retards lors de la transmission des signaux et de l'exécution de déplacements lors du pointage du canon (B), sont pris en compte dans les calculs.
- 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que**
- la déviation (d, δ) entre l'arme (W) et l'appareil de conduite de tir (F) est mesurée de façon répétée, et **en ce que** les modifications de cette déviation (d) suite à une avance de l'arme (W) sont prises en compte dans les calculs.
- 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le système d'arme comporte une autre arme (W'), caractérisé en ce que**
- les calculs concernant l'autre arme (W') sont réalisés de façon analogue aux calculs concernant la première arme nommée (W), et
 - à l'autre arme (W') est coordonnée une autre marque de déviation (Y') afin de visualiser son erreur de pointage (ρ') de façon synchrone avec l'erreur de pointage (ρ) de la première arme nommée (W).
- 6. Dispositif (M, V, S.I) permettant d'évaluer les erreurs de pointage d'un système d'arme qui comporte un appareil de conduite de tir (F), une arme (W) équipée d'un canon (B), des moyens de pointage permettant d'aligner le canon (B), et une unité de traitement des données (EDV), dans lequel**
- l'appareil de conduite de tir (F) possède un dispositif à capteur pour mesurer de façon répétée les positions respectives de la cible (z), et
 - l'installation de traitement des données (EDV) est conçue de façon à exécuter de façon répétée un calcul de dérivation, pour calculer respectivement une position d'impact (P^*) et un moment d'impact (T^*) et, en atteignant le moment d'impact (T^*), mettre à disposition des moyens de pointage un signal pour aligner le canon (B) sur la position d'impact (P^*),
- lequel dispositif
- comprend un dispositif de prise de vues (V) disposé au niveau de l'appareil de conduite de tir (F) et destiné à capter des images de la cible (z), et
 - un dispositif de reproduction d'images (M), pour visualiser les images captées et une marque de déviation (Y), représentant l'erreur de pointage (ρ), sous la forme d'une déviation (b) à un point de référence (O), où

- l'installation de traitement des données (EDV) possède un logiciel (S.1) pour
 - recevoir un signal de position de l'arme (W), qui décrit une direction réelle (β_{eff}) du canon (B), dans la perspective de l'arme (W),
 - calculer, en tenant compte de la déviation (d, δ) entre l'arme (W) et l'appareil de conduite de tir (F), une direction théorique (β^*) du canon (B), dans la perspective de l'arme (W),
 - calculer la différence, correspondant à l'erreur de pointage (ρ), entre la direction réelle (β_{eff}) et la direction théorique (β^*), et mettre à disposition du dispositif de reproduction d'images (M) un signal qui correspond à cette différence, et dans lequel
 - le dispositif de reproduction d'images (M) est conçu de façon à ce que la déviation (b) entre la marque de déviation (Y) et le point de référence (O), qui peut être interprétée comme l'erreur de pointage (ρ), est restituée sur la base de ce signal.
7. Dispositif (M, V, S.1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de reproduction d'images (M) est conçu et connecté au dispositif de prise de vues (V) de façon telle que les images sont prises de façon répétée et/ou immédiatement visualisables.
8. Dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 7, **caractérisé en ce que** le dispositif de prise de vues (V) est une caméra vidéo, de préférence une caméra vidéo de l'appareil de conduite de tir (F).
9. Dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de reproduction d'images (M) est un moniteur, de préférence un moniteur de l'appareil de conduite de tir (F).
10. Dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que**
- il présente un dispositif de mesure de position (F-W) pour mesurer, en cas d'avance de l'arme (W) par rapport à l'appareil de conduite de tir (F), la modification de la position de l'arme (W), et
 - l'unité de traitement des données (EDV) est exécutée pour incorporer dans les calculs la modification de la position de l'arme (W).
11. Dispositif (M, V, S.1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure de position (W-F) est un dispositif interne du système d'arme.
12. Dispositif (M, V, S.1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure de position (W-F) est un dispositif collaborant avec des moyens externes, par exemple avec un GPS.
13. Dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 12, dans lequel le système d'arme comporte une autre arme (W'), **caractérisé en ce que**
- le logiciel (S.1) est élaboré de façon à ce que les calculs touchant l'autre arme (W') sont exécutés de façon analogue aux calculs touchant la première arme nommée (W), et
 - le dispositif de reproduction d'images (M) est conçu de façon telle qu'à l'autre arme (W') est coordonnée une marque de déviation (Y') qui se distingue de la marque de déviation (Y), pour représenter, simultanément à la représentation de l'erreur de pointage (ρ) de l'arme (W), l'erreur de pointage (ρ') de l'autre arme (W').
14. Utilisation du dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 13, **caractérisée en ce que** l'arme (W) est montée sur un véhicule (Q) et l'appareil de conduite du tir (F) est fixe.
15. Utilisation du dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 13, **caractérisée en ce que** l'arme (W) et l'appareil de conduite de tir (F) sont montés sur un véhicule (Q).
16. Utilisation du dispositif (M, V, S.1) selon l'une des revendications 6 à 13, **caractérisée en ce que** l'arme (W) est montée sur un véhicule (Q) qui exécute des déplacements de type oscillations et/ou vibrations, et est stabilisée par rapport à ce véhicule (Q) à l'aide d'un dispositif de stabilisation.

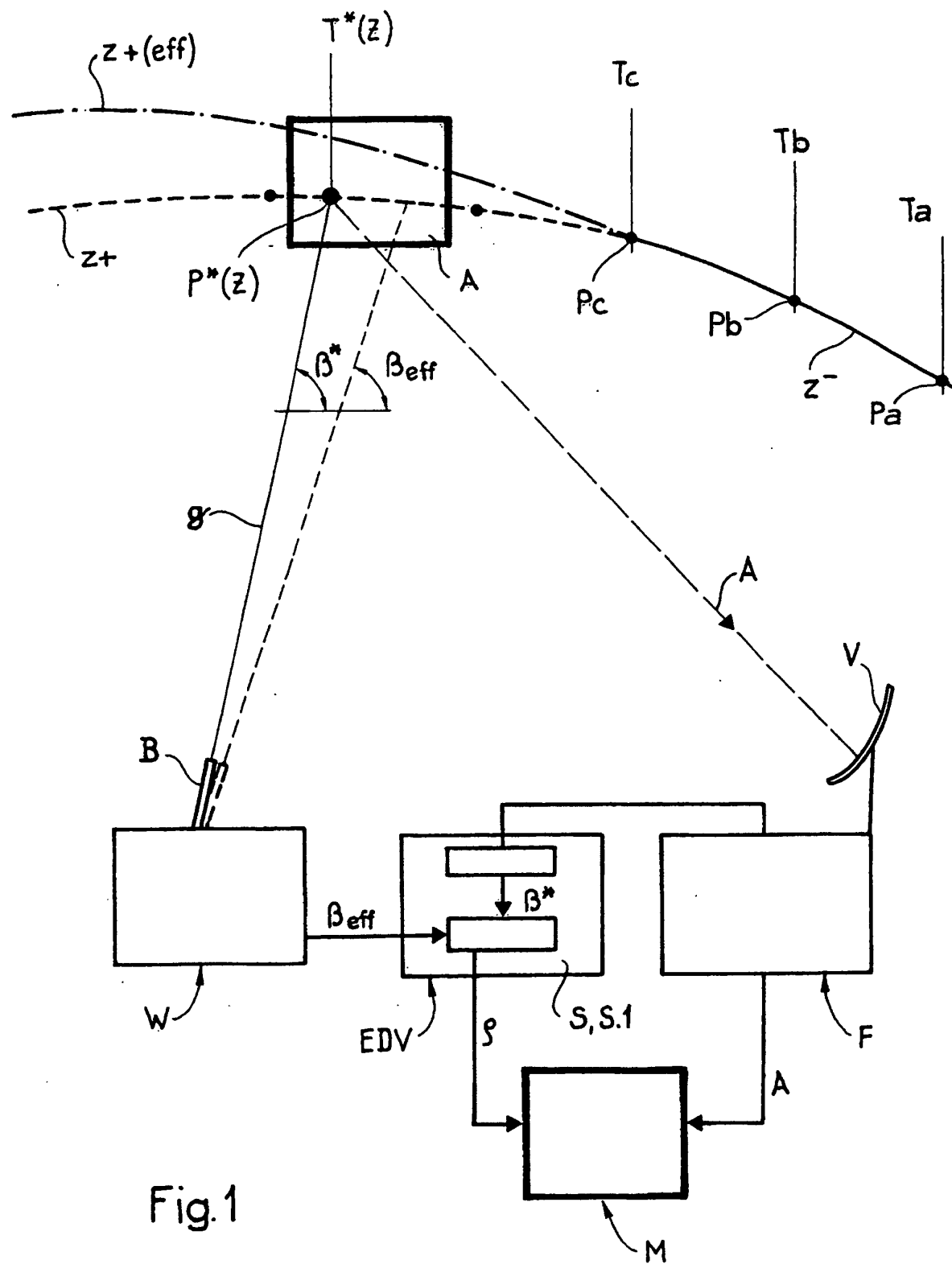


Fig.1

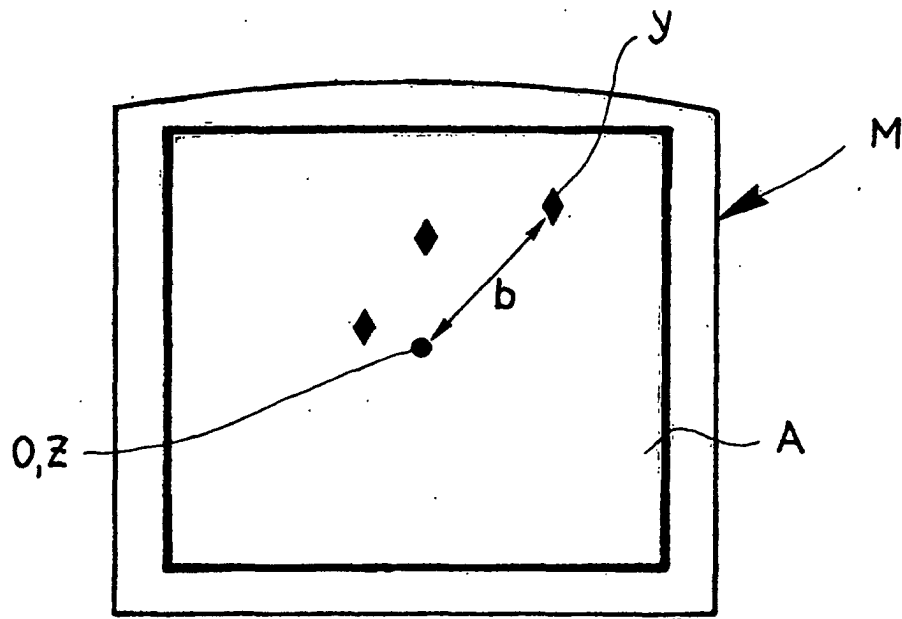


Fig.2

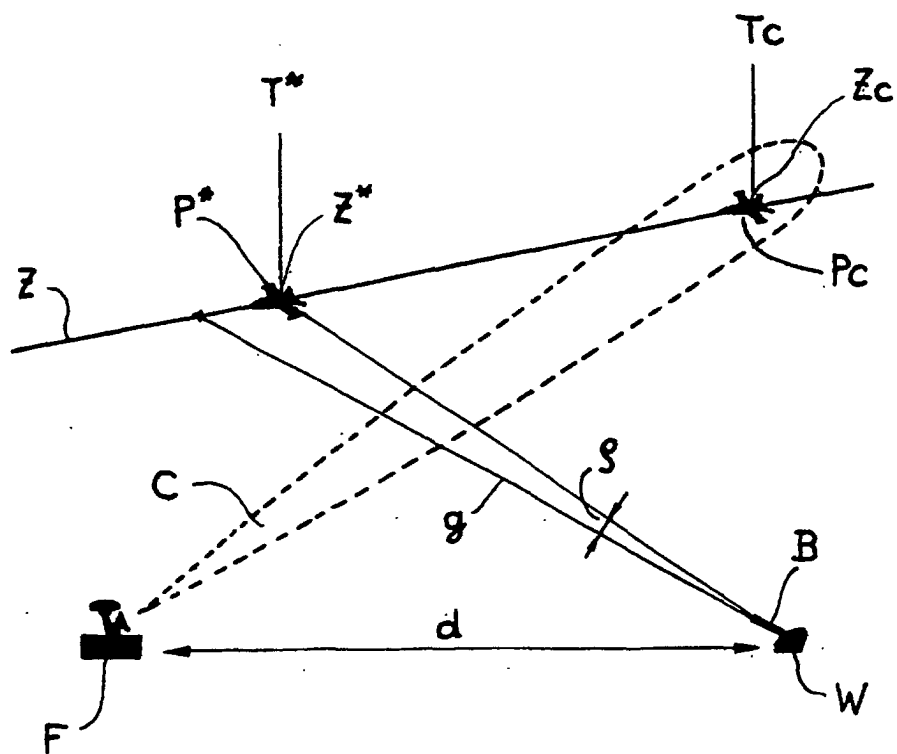


Fig.3

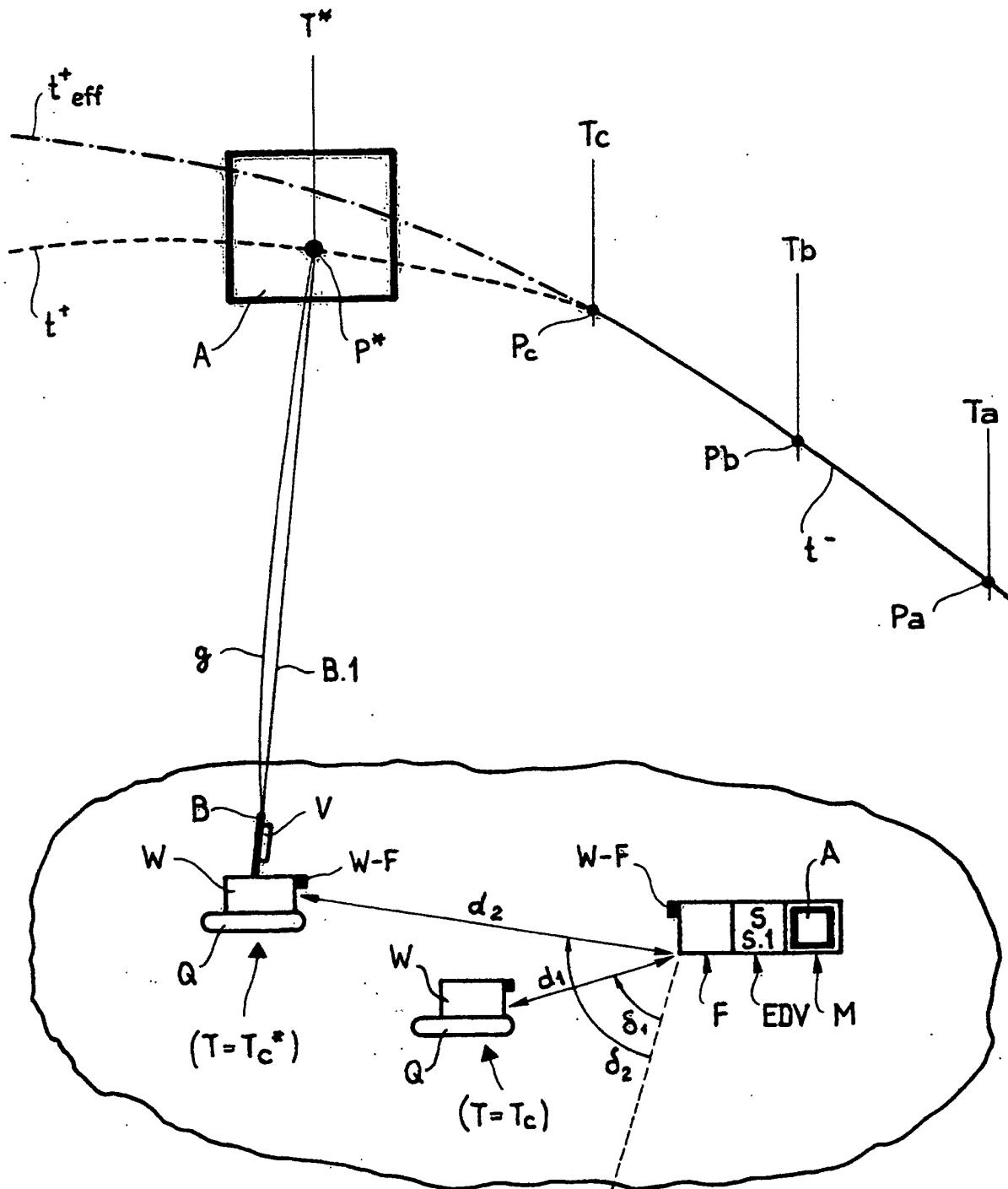


Fig.4

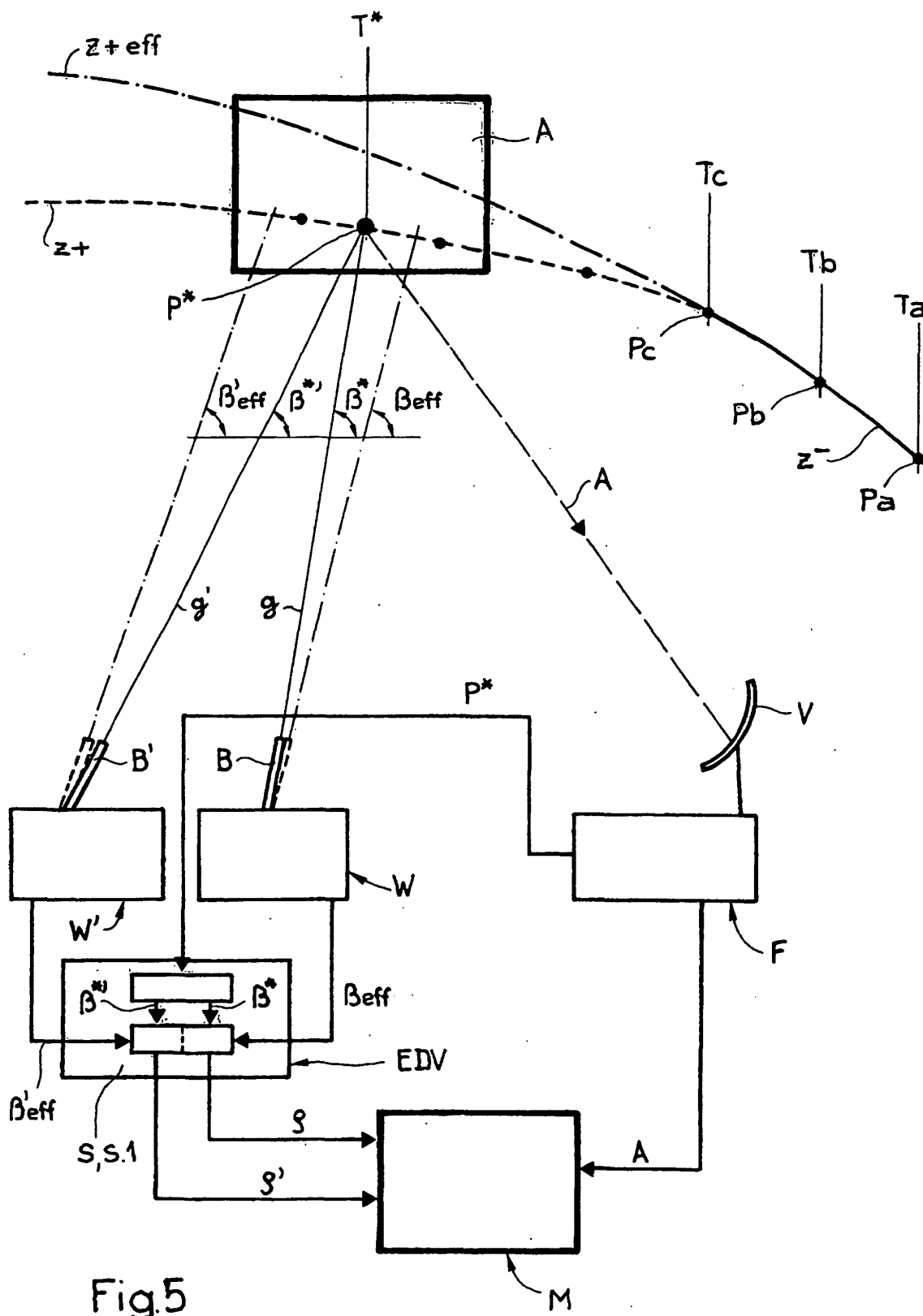


Fig 5

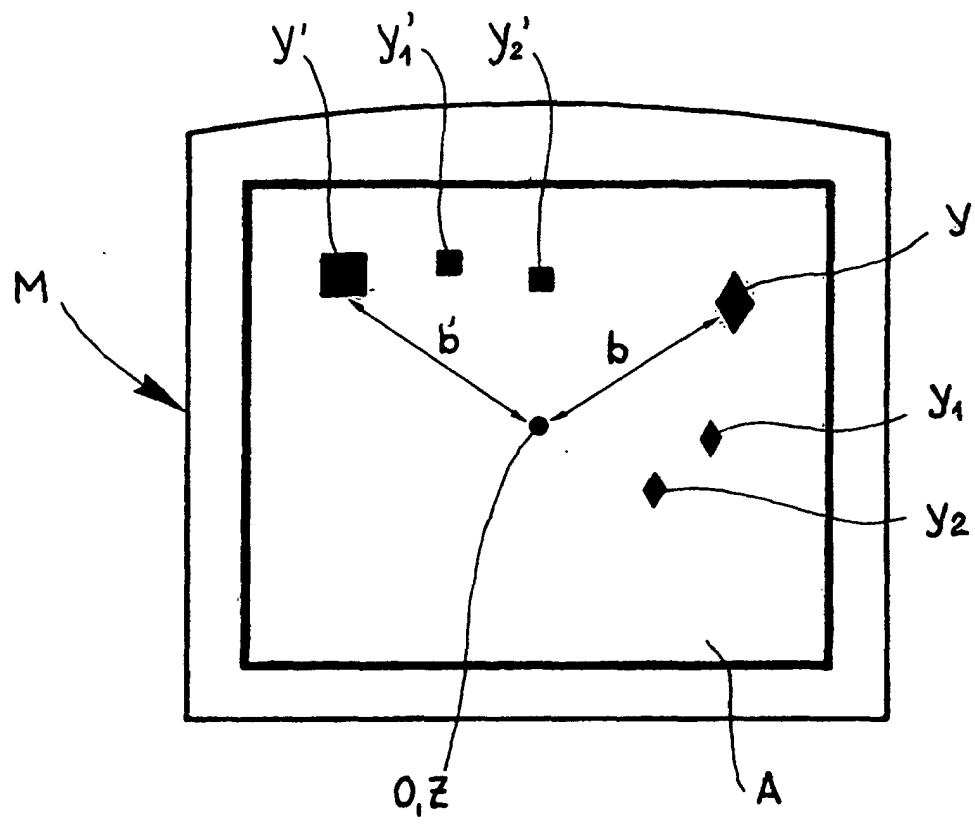


Fig.6.