



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.07.2003 Patentblatt 2003/30

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

(21) Anmeldenummer: **02024376.2**

(22) Anmeldetag: **02.11.2002**

(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
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
 • **Schneider, Gabriel**
8052 Zürich (CH)
 • **Gerber, Michael**
8050 Zürich (CH)
 • **Meyer, Urs**
8172 Niederglatt (CH)

(30) Priorität: **16.01.2002 CH 642002**

(71) Anmelder: **OERLIKON CONTRAVES AG**
8050 Zürich (CH)

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Kompensieren von Schiessfehlern und Systemrechner für Waffensystem**

(57) Verfahren und Vorrichtung (20) zum Kompensieren von Schiessfehlern eines ein Waffenrohr (10.2) aufweisenden Geschützes. Kompensiert werden Schiessfehler, die durch statische Geschützgeometrie-Fehler verursacht werden, welche beim Richten des Waffenrohres (10.2) auf Richt-Werte die Stellung des Waffenrohres (10.2) beeinflussen. Hierzu wird das Waffenrohr (10.2) durch Drehung um eine Achse in Schritten in Messlagen gebracht. Mit geeigneten Geräten einer Messanlage werden zu jeder Messlage ein Soll-Wert, der die Soll-Stellung des Waffenrohres (10.2) beschreibt, und ein Ist-Wert, der die Ist-Stellung des Waffenrohres (10.2) beschreibt, erfasst. Dann wird eine als Fehler-Wert definierte Differenz zwischen dem Ist-Wert und dem Soll-Wert berechnet. Aus mehreren Fehler-Werten der Messlagen werden Korrektur-Werte ermittelt, und diese Korrektur-Werte werden beim späteren Richten des Waffenrohres (10.2) berücksichtigt. Verfahren und Vorrichtung (20) werden für ein Waffensystem (10) benutzt, welches einen Systemrechner (10.4) zur Berechnung von Richt-Werten für das Richten eines Waffenrohres (10.2) eines Geschützes (10.1) des Waffensystems (10) besitzt. Der Systemrechner (10.4) weist einen Dateneingang (24) für zur Verfügung gestellte Daten auf, welche dazu bestimmt sind, bei der Berechnung der Richt-Werte berücksichtigt zu werden, um Richtfehler zu kompensieren, die durch statische Geschützgeometrie-Fehler verursacht sind und die Stellung des Waffenrohres (10.2) beeinflussen.

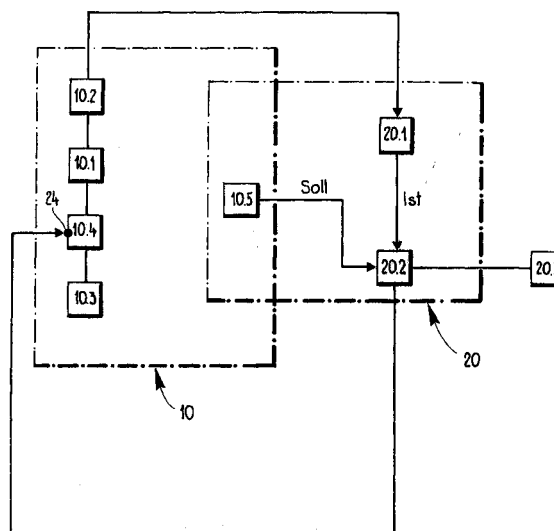


Fig. 1A

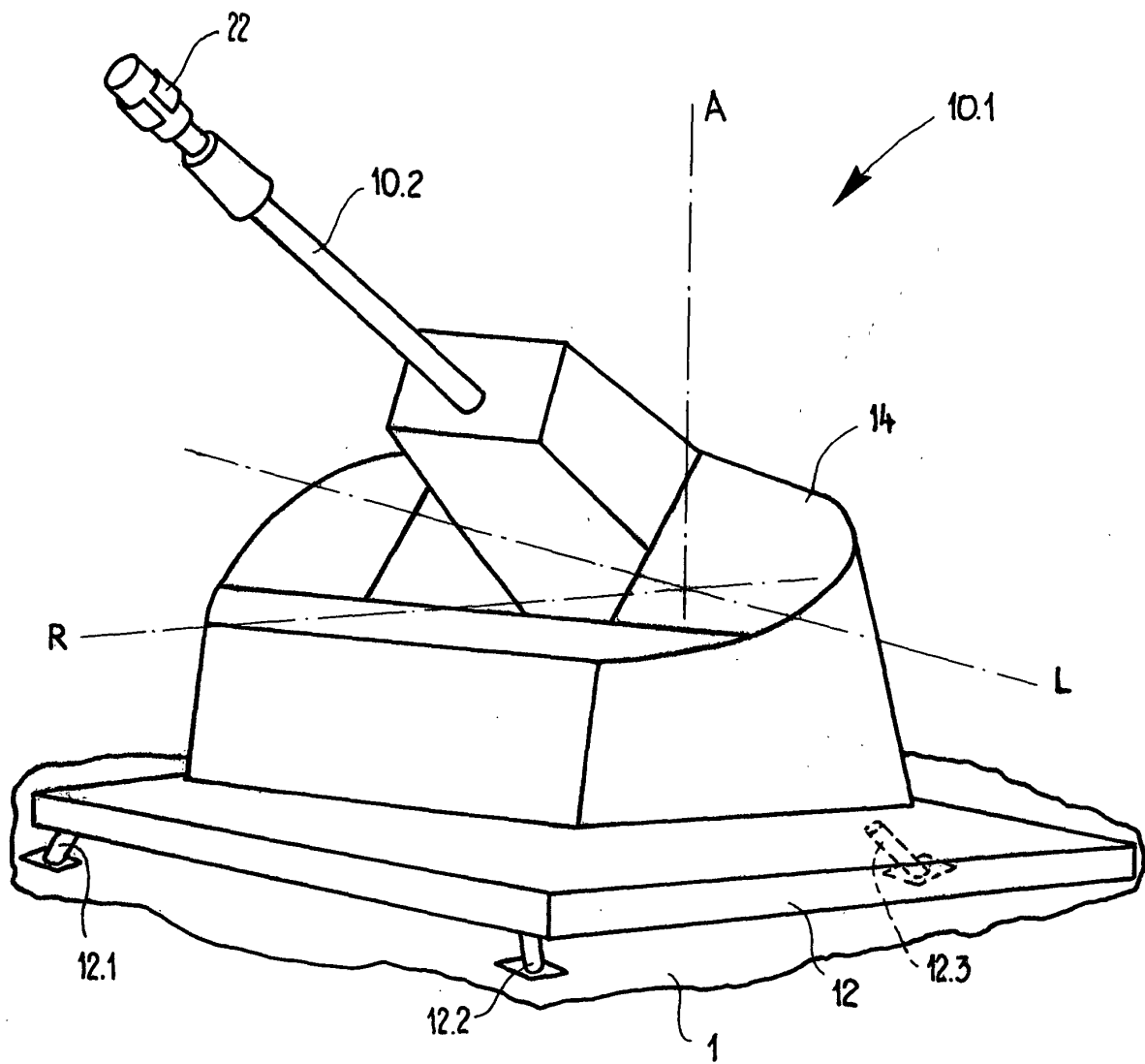


Fig.1B

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kompensieren von Schiessfehlern eines ein Waffenrohr aufweisenden Geschützes eines Waffensystems, welche verursacht werden durch statische Geschützgeometrie-Fehler, nach dem Oberbegriff des Anspruchs **1** bzw. **12**, und einen Systemrechner für ein Waffensystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs **17**.

[0002] Grundsätzlich bezieht sich die Erfindung auf sämtliche mögliche statische Geschützgeometrie-Fehler und ihre Kompensation.

[0003] Geschütze bestehen aus zahlreichen Einzelteilen, die fest oder beweglich miteinander verbunden sind. Die Einzelteile können nie präzise masshaltig, sondern nur mit gewissen Fertigungstoleranzen bzw. Abweichungen von den theoretisch festgelegten Massen hergestellt werden, und auch bei der Montage ergeben sich innerhalb der festgelegten Montagetoleranzen Abweichungen von den beabsichtigten gegenseitigen Lagen. Die Gesamtheit der Abweichungen hat zur Folge, dass jedes Geschütz Abweichungen von seiner Idealgeometrie aufweist, die als Geschützgeometrie-Fehler bezeichnet werden. Solche Geschützgeometrie-Fehler Art setzen sich aus zahlreichen Typen von Fehlern zusammen. Beispielsweise manifestieren sich Geschützgeometrie-Fehler dadurch, dass das Azimut α des Waffenrohres in der Null-Lage, wie sie durch eine Azimut-Anzeige des Geschützes angezeigt wird, in Wirklichkeit nicht gleich 0° ist, sondern um einen geringen Winkel $\Delta\alpha$ von 0° abweicht. Entsprechend kann die Elevation λ des Waffenrohres in ihrer Null-Lage nicht den von der Elevations-Anzeige des Geschützes angezeigten Wert 0° haben, sondern um einen geringen Winkel $\Delta\lambda$ von 0° abweichen. In einzelnen Fällen mögen zwar $\Delta\alpha$ und $\Delta\lambda$ gleich Null sein, aber nur dann, wenn sich verschiedene Geschützgeometrie-Fehler kompensieren.

[0004] Die Fertigungstoleranzen können zwar für gleiche Einzelteile einer Serie von Geschützen gleich oder annähernd gleich sein, wenn solche Einzelteile stets auf demselben Automaten, mit sich nicht abnützenden oder präzise nachstellbaren Werkzeugen und bei gleichen äusseren Bedingungen wie z.B. Temperaturbedingungen hergestellt werden. Dennoch werden nach der Montage die Geschützgeometrie-Fehler von Geschütz zu Geschütz verschieden sein.

[0005] Das Problem wird dadurch verschärft, dass die Geschützgeometrie-Fehler, insbesondere die Winkelfehler, nicht konstant sind, sondern sich aus verschiedenen Gründen ändern. Bei beweglichen Einzelteilen sind solche Änderungen in erster Linie die Folge von Abnutzungen; sie nehmen also im Laufe der Zeit zu. Die Änderung der Fehler stehen aber auch im Zusammenhang mit den herrschenden Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel den Luft- und Geschütztemperaturen; sie können daher abwechselnd zu- und abnehmen.

[0006] Eine weitere Komplikation tritt dadurch auf, dass die Geschützgeometrie-Fehler auch von der jeweiligen Stellung der Einzelteile beeinflusst werden, da die mechanischen Beanspruchungen und damit die Deformationen der Einzelteile teilweise lagebedingt sind.

[0007] Schliesslich können die Geschützgeometrie-Fehler, die sich in einer bestimmten Lage des Waffenrohres und zu einem bestimmten Zeitpunkt manifestieren, auch von der Drehrichtung abhängen, in welcher das Waffenrohr in diese bestimmte Lage gebracht worden ist.

[0008] Die Geschützgeometrie-Fehler charakterisieren die einzelnen Geschütze und stellen dadurch eigentliche Geschütz-Parameter dar. Als Folge der Geschützgeometrie-Fehler, insbesondere als Folge der Winkel-Fehler, entstehen Schiessfehler bzw. eine Verminderung der Treffgenauigkeit der Geschütze. Wegen der weiten Distanzen zwischen der Mündung der Waffenrohre und den Zielen, welche durch die vom Waffenrohr abgeschossenen Projektile getroffen werden sollen, verursachen auch geringe winkelmässige Abweichungen des Waffenrohres beträchtliche Ablagen der Projektile von den zu bekämpfenden Zielen.

[0009] Sind die Geschützgeometrie-Fehler bzw. Geschütz-Parameter bekannt, so lassen sich die auf ihnen beruhenden Schiessfehler kompensieren, indem die Geschütz-Parameter, zusätzlich zu anderen Daten, durch die Software eines dem Geschütz zugeordneten Rechners bei der Bestimmung der Richt-Werte berücksichtigt werden können. Unter dem Begriff eines dem Geschütz zugeordneten Rechners sollen ein Geschützrechner und/oder ein Rechner eines Feuerleitgerätes verstanden werden. Andere Daten, die vom Rechner berücksichtigt werden, sind insbesondere Zieldaten, welche den Ort und die Bewegung des Zieles beschreiben, Meteorologie-Daten, welche die jeweiligen meteorologischen Verhältnisse beschreiben, v_0 -Daten, welche die Abweichung der tatsächlichen Mündungsgeschwindigkeit von einer theoretisch bestimmten Mündungsgeschwindigkeit betreffen, und ggfs. Geschoss-Daten, welche die jeweils verschossenen Geschosse charakterisieren.

[0010] Die Bestimmung der Geschützgeometrie-Fehler bzw. Geschütz-Parameter, ihre Verwertung zur Gewinnung von Korrekturfunktionen und die Implementierung der Korrekturfunktionen in die Software des Rechners müssen vor der Inbetriebnahme der Geschütze erfolgen, und zwar für jedes Geschütz einzeln.

[0011] Die bisher bekannten Verfahren zur Messung der Geschützparameter weisen zahlreiche Nachteile auf. Nicht alle Typen der Geschützgeometrie-Fehler können gemessen werden. Die Messungen können nicht in automatisierter Weise durchgeführt werden und benötigen daher viel Zeit; demzufolge werden pro Messlage des Waffenrohres jeweils nur wenige Messungen gemacht, was zur Folge hat, dass zufällige Messfehler nicht ausgemerzt werden können. Die Messungen benötigen nicht nur sehr viel Zeit, sondern erfordern auch verhältnismässig viel Personal, so dass sie sehr

kostenintensiv sind. Ausserdem ist ein Teil des Messpersonals verhältnismässig grossen Gefahren ausgesetzt, da es sich zur Durchführung der Messungen im Bereich der Waffenrohrmündung befinden muss; bei grösseren Elevationen und langen Waffenrohren bedeutet dies, dass Messpersonen mittels einer Hubeinrichtung in den Bereich der Waffenrohrmündung gehievt oder Messungen auf einer Leiter durchführen müssen.

[0012] Die **Aufgabe** der Erfindung wird somit darin gesehen,

- ein Verfahren zum Kompensieren von Schiessfehlern der eingangs genannten Art anzugeben, welches eine vollständige Erfassung der Geschützgeometrie-Fehler erlaubt und präzise, rasch, mit wenig Personal und vorzugsweise automatisiert durchführbar ist;
- eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens vorzuschlagen; und
- einen Feuerleitrechner bzw. Systemrechner für ein Waffensystem vorzuschlagen, mit welchem die neue Einrichtung koppelbar ist.

[0013] Die **Lösung** dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäss

- für das Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs **1**;
- für die Einrichtung durch die Merkmale des Anspruchs **12**; und
- für den Feuerleitrechner bzw. Systemrechner durch die Merkmale des Anspruchs **17**.

[0014] Bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Einrichtung sind durch die jeweiligen abhängigen Ansprüche definiert.

[0015] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind im Wesentlichen die Folgenden:

- Alle Winkelfehler, die durch statische Geschützgeometrie-Fehler bedingt sind, können erfasst und in der Folge kompensiert werden.
- Statische Geschützgeometrie-Fehler, die bisher nur ungenau und mit grossem Aufwand bestimmt werden konnten, können nun genau gemessen und entsprechend effizient kompensiert werden.
- Der Einsatz eines Kreisel-Messsystems erlaubt es, Winkelmessungen durchzuführen, ohne die Waffe vorgängig zu horizontieren.
- Der Einsatz eines opto-elektronischen Kreisels, insbesondere eines Faserkreisels, erlaubt es, Winkelmessungen durchzuführen, die bezüglich Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit die bisher durchführbaren Messungen weit übersteigen und die bedeutend detailliertere Messergebnisse liefern als bisher erzielbar; dadurch werden weit genauere Kompensationen der geschützgeometrie-bedingten Schiessfehler ermöglicht.
- Die Messungen können schnell und automatisiert durchgeführt werden; der zeitliche und personelle Aufwand für die Vermessung eines Geschützes ist gering, was beträchtliche kostenmässige Einsparungen zur Folge hat.
- Die Unfallgefahr für die an den Messungen beteiligten Personen kann stark reduziert werden.

[0016] Bevor in der Folge näher auf die Erfindung eingegangen wird, sollen einige grundsätzliche Begriffe erläutert werden.

[0017] Obwohl weiter unten nur auf Azimutgleichlauf-Fehler, Elevationsgleichlauf-Fehler, Lotablauf-Fehler, Taumel-Fehler und Schiel-Fehler sowie deren Kompensation näher eingegangen wird, ist der grundlegende Erfindungsgedanke auf alle überhaupt vorkommenden Geschützgeometrie-Fehler anwendbar.

[0018] Das Waffenrohr, dessen Stellung durch die Geschützgeometrie-Fehler beeinflusst wird, kann durch Hin- und Her-Schwenkung oder vollständige Drehung in verschiedene Lagen gebracht werden, wobei jede Lage durch das entsprechende Azimut, das heisst den entsprechenden Seitenwinkel sowie durch die entsprechende Elevation, das heisst den entsprechenden Höhenwinkel, definiert ist. Eine Rotation um die Hochachse verändert das Azimut und eine Rotation um die Querachse verändert die Elevation. Die Hochachse und die Querachse sind zwei Achsen eines räumlichen, vorzugsweise orthogonalen Achsensystems, dessen Achsen in **Tabelle 1** definiert sind. Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter dem Azimut nicht wie im Schiessbetrieb die Abweichung von der Nordrichtung sondern von einer Nulllage verstanden.

Tabelle 1

Definition der Achsen		
L-Achse	Querachse	(Theoretisch) horizontale Achse, um welche das Waffenrohr schwenkbar ist; hierdurch wird die Elevation λ eingestellt;

EP 1 329 683 A1

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Definition der Achsen		
A-Achse	<u>Hochachse</u>	(Theoretisch) vertikale Achse um welche das Waffenrohr schwenkbar ist; hierbei wird das Azimut α eingestellt.
R-Achse	<u>Längsachse</u>	(Theoretisch) horizontale Achse des Waffenrohres in Zurrlage, mit Azimut $\alpha = 0$ und Elevation $\lambda = 0$;

[0019] Schiessfehler treten auf, weil die tatsächliche Stellung bzw. Ist-Stellung des Waffenrohres nicht gleich ist wie seine Soll-Stellung. Die Soll-Stellung ist unter Anderem durch die vom Feuerleitreechner bzw. Systemrechner ermittelten Werte für Azimut und Elevation definiert, wird aber auf Grund von statischen Geschützgeometrie-Fehlern nicht eingenommen wird. Die auftretenden Winkelfehler der Stellung des Waffenrohres, die sie verursachenden Geschützgeometrie-Fehler und die primären Ursachen der Geschützgeometrie-Fehler sind aus **Tabelle 2** ersichtlich. Die Winkelfehler, die sich als Azimut-Fehler und als Elevations-Fehler manifestieren, bestehen aus den folgenden fünf Typen von Fehlern, die aber nicht unabhängig voneinander sind:

(1)	Azimutgleichlauf-Fehler	$\Delta\alpha 1$
(2)	Taumel-Fehler	$\Delta\tau$
(3)	Elevationsgleichlauf-Fehler	$\Delta\lambda$
(4)	Lotablauf-Fehler	$\Delta\alpha 2$
(5)	Schiel-Fehler	$\Delta\sigma$

Tabelle 2

Winkelfehler der Stellung des Waffenrohres, Geschützgeometrie-Fehler und ihre Ursachen		
Winkelfehler	Geschütz-Geometrie- Fehler	Ursache
Azimut-Fehler (Seitenfehler)	$\Delta\alpha 1$ Azimutgleichlauf-Fehler	1.Exzentrizität des Seitendrehlagers 2.Unrundheit des Seitendrehlagers 3.Variable Zahnabstände im Zahnkranz der Seitendrehung 4.Coderfehler
	$\Delta\alpha 2$.Lotablauf-Fehler	5.Verkantung der Elevationsachse zum Horizont 6.Nicht-Orthogonalität von Rohrachse und Elevationsachse
	$\Delta\sigma$ Schiel-Fehler	7.Nicht-Parallelität von Rohrachse und Visierlinie
Elevations-Fehler (Höhenfehler)	$\Delta\lambda$ Elevationsgleichlauf-Fehler	8.Exzentrizität des Höhendrehlagers 9.Unrundheit des Höhendrehlagers 10.Variable Zahnabstände im Zahnkranz der Höhendrehung 11.Coderfehler 12.Rückwärtsskippen des Geschützes bei zunehmender Elevation
	$\Delta\tau$ Taumel-Fehler	13.Elastizität der Struktur
	$\Delta\sigma$ Schiel-Fehler	7.Nicht-Parallelität von Rohrachse und Visierlinie

[0020] Um diese Teil-Fehler zu ermitteln, werden mehrere Messungen durchgeführt. Für ein rationelles Vorgehen

ist es vorteilhaft, die Messungen im Laufe von drei Messprozeduren durchzuführen, da jeweils in einer Lage des Waffenrohres Messungen durchgeführt werden, die mehr als einen Fehlertypus betreffen. Aus **Tabelle 3** sind die drei Messprozeduren, die Teilfehler und die jeweils benutzten Messgeräte ersichtlich.

Tabelle 3

Winkelfehler, Messprozeduren und Messgeräte			
Mess-Prozedur	betrifft die Teilfehler		Messgerät
1	Azimutgleichlauf-Fehler Taumel-Fehler	$\Delta\alpha_1$ $\Delta\tau$	Kreismessgerät Wasserwaage
2	Elevationsgleichlauf-Fehler Lotablauf-Fehler	$\Delta\lambda$ $\Delta\alpha_2$	Kreismessgerät Kreismessgerät
2	Schiel-Fehler	$\Delta\sigma$	Optische Vorrichtung [Zielfernrohr]

[0021] Zur Kompensation der Schiessfehler, die auf statischen Geschützgeometrie-Fehlern eines Geschützes eines Waffensystems beruhen, wird grundsätzlich wie folgt vorgegangen: Ein Winkel-Fehler, der bei Bewegung des Waffenrohres um eine der Rotationsachsen entsteht, wird bestimmt. Das Waffenrohr wird durch Rotation in einem Drehsinn um die genannte Rotationsachse aus einer Null-Lage in Schritten via aufeinanderfolgende Messlagen in eine Endlage, welche auch eine Mess-Lage ist, gebracht. Die Rotation wird von einem Rechner kontrolliert. Mittels einer geeigneten Mess-Einheit einer Mess-Anlage wird nach jedem Schritt der tatsächliche Winkel bestimmt, um welchen das Waffenrohr gedreht wurde; dieser Winkel wird als Ist-Wert bezeichnet. Zugleich wird nach jedem Schritt der theoretische Winkel bestimmt, um welchen sich das Waffenrohr, zum Beispiel gemäss Angaben an einer Skala am Geschütz oder am zugeordneten Feuerleitrechner bzw. Systemrechner, gedreht haben müsste; dieser Winkel wird als Soll-Wert bezeichnet. Sodann wird für jede Messlage die Winkeldifferenz zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert berechnet; diese Differenz wird als Fehler-Wert bezeichnet. Aus dem Fehler-Wert wird ein Korrektur-Wert ermittelt, der in der Software des Feuerleitrechners bzw. Systemrechners implementiert und fortan bei der Bestimmung der Richt-Werte, das heisst der Werte für Azimut und Elevation, berücksichtigt wird. Primär erfolgt die Berechnung der Richt-Werte unter Benutzung von Zieldaten, das heisst von Daten, welche Lagen und eventuelle Bewegungen eines zu bekämpfenden Zieles beschreiben, und von Basistatistiken. Mit Hilfe des Verfahrens nach der Erfindung wird diese primäre Berechnung korrigiert.

[0022] Insbesondere können zur Ermittlung der Korrektur-Werte die Ist-Werte in Abhängigkeit von den Soll-Werten dargestellt und so aufbereitet werden, dass sich aus ihnen die Korrektur-Werte bestimmen lassen. Eine solche Aufbereitung, bei welcher aus den gemessenen Winkel-Fehlern Korrektur-Werte resultieren, kann numerisch bzw. mit tabellarischen Hilfsmitteln oder mathematisch oder kombiniert numerisch/mathematisch vorgenommen werden.

[0023] Bei der numerischen Methode werden Wertepaare in einer Tabelle gespeichert, wobei von jedem Wertepaar ein erster Wert der Soll-Wert und ein zweiter Wert der Ist-Wert oder die Differenz zwischen Ist-Wert und Soll-Wert ist. Die Wertepaare können auch als empirische Fehler-Kurve betrachtet werden. Die Tabelle bzw. die empirische Fehler-Kurve steht dann bei der Berechnung von Richt-Werten zur Verfügung, derart, dass die Berechnung jedes Richt-Wertes in korrigierter Weise unter Berücksichtigung der entsprechenden Werte der Tabelle bzw. der empirischen Fehler-Kurve erfolgt.

[0024] Bei der mathematischen Methode werden die Fehler-Werte zuerst tabellarisch in Abhängigkeit des Soll-Winkels bzw. als empirische Fehler-Kurve dargestellt und dann durch mindestens eine mathematische Funktion angenähert werden; das heisst, die empirische Fehler-Kurve wird entweder über ihren ganzen Verlauf durch eine einzige mathematische Fehler-Funktion oder abschnittsweise durch je eine mathematische Teil-Fehler-Funktion, insgesamt also durch mehrere mathematische Teil-Fehler-Funktionen angenähert. Die mathematische Fehler-Funktion wird dann dem Rechner zur Verfügung gestellt, der daraus eine Korrektur-Funktion bestimmt, die er bei der Berechnung der Richt-Werte für das Waffenrohr, das heisst des Azimuts und der Elevation, berücksichtigt.

[0025] Die numerische Methode kann so ausgestaltet werden, dass die notwendige Genauigkeit für die Kompensation der Schiessfehler gewährleistet ist. Wie weiter unten genauer dargelegt, weist aber die mathematische Methode den Vorteil auf, dass mathematischen Fehler-Funktionen einfach, nämlich mit bekannten mathematischen Verfahren, analysiert werden können; daraus lassen sich nicht nur die Werte für die Kompensation der Schiessfehler sondern auch Einsichten über den Einfluss einzelner konstruktiver Gegebenheiten auf die Fehler-Funktionen gewinnen; daraufhin veranlasste konstruktive Verbesserungen dienen letztlich dazu, die geschützgeometrie-bedingten Schiessfehler an der Wurzel zu bekämpfen, indem die Geschützgeometrie-Fehler ausgemerzt werden. Der Begriff konstruktiv soll sich auf konzeptionelle, wie auch auf herstellungsmässige und montagegemässige Gegebenheiten beziehen.

[0026] Zur Ausschaltung von zufälligen Messfehlern ist es vorteilhaft, den oben beschriebenen Messvorgang ein- oder vielfach zu wiederholen und die erhaltenen Werte tabellarisch zu mitteln. Alternativ kann aus den Messungen aller gleich durchgeführten Messvorgänge eine mittlere empirische Fehler-Kurve oder aus jeder empirischen Fehler-Kurve eine mathematische Fehler-Funktion und aus dieser eine mittlere mathematische Fehler-Funktion oder aus jeder empirischen Fehler-Kurve eine Korrektur-Funktion und aus allen Korrektur-Funktionen eine mittlere Korrektur-Funktion gebildet werden.

[0027] Für die oben beschriebenen Messungen erfolgt die Rotation des Waffenrohres stets im selben Drehsinn; die so erhaltenen Fehler-Werte sind monodirektional bestimmte Fehler-Werte, die numerisch oder mathematisch aufbereitet werden. Insbesondere ist die empirische Fehler-Kurve bzw. mathematische Fehler-Funktion eine mono-direktional bestimmte bzw. mono-direktionale Fehler-Kurve bzw. Fehler-Funktion. Die Fehler-Werte sind aber, wie weiter oben erläutert, im Allgemeinen unter Anderem abhängig vom Drehsinn, in welchem diese Rotation durchgeführt wird. Es ist daher von Vorteil, zwei Messungen durchzuführen. Das Waffenrohr wird hierbei für die erste Messung in einem ersten Drehsinn und für die zweite Messung im entgegengesetzten Drehsinn um dieselbe Rotationsachse gedreht. Die Messlagen der erstdirektionalen Rotation und die Messlagen der zweidirektionalen Messlagen können, müssen aber nicht, übereinstimmen. Bei diesen Rotationen werden erst-direktionale und zweit-direktionale Fehler-Werte ermittelt. Sind die Abweichungen zwischen den erst-direktionalen und den zweidirektionalen Fehler-Werten klein, so kann ein directions-freier Fehler-Wert ermittelt und weiter aufbereitet bzw. verwertet werden. Insbesondere kann aus der erst-direktionalen empirischen Fehler-Kurve und der zweit-direktionalen empirischen Fehler-Kurve eine mittlere directions-freie empirische Fehler-Kurve, aus der letzteren eine mittlere directions-freie mathematische Fehler-Funktion und aus dieser eine mittlere directions-freie Korrektur-Funktion bestimmt werden, wobei die Korrektur-Funktion bei der Berechnung der Richt-Werte berücksichtigt wird. Da aber der Einfluss des Drehsinns einen systematischen Fehleranteil der gesamten Fehler-Werte zur Folge hat, werden vorzugsweise sowohl der erst-direktionale Fehler-Werte als auch der zweit-direktionale Fehler-Werte separat aufbereitet bzw. verwertet.

[0028] Je nach den zu erfassenden Fehlern werden, wie schon erwähnt, verschiedene Messgeräte benutzt. Verwendet werden insbesondere Wasserwagen, vorzugsweise elektronische Wasserwagen, und Kreisel-Messsysteme, vorzugsweise optoelektronische Kreisel-Messsysteme, worunter zum Beispiel Ringlaserkreisel und Faserkreisel verstanden werden. Die Messgeräte müssen im Allgemeinen nach ihrer Montage am Geschütz bzw. am Waffenrohr vor Beginn einer Messprozedur geeicht werden. Bei der Benutzung von Kreisel-Messsystemen müssen im Allgemeinen auch die sich stetig ändernde Kreisel drift erfasst und die gemessenen Werte jeweils entsprechend der Kreisel drift korrigiert werden. Ein Beispiel für die Erfassung und Berücksichtigung der Kreisel drift ist in der Europäischen Patentanmeldung **EP-00126917.4** beschrieben.

[0029] Die obige Beschreibung betrifft die Ermittlung einer Korrektur-Funktion, die auf der Erfassung von Fehler-Werten beruht, der bei der Rotation des Waffenrohres um eine der Achsen entsteht. Das Waffenrohr wird aber beim Richten nicht nur um eine Achse sondern um zwei nicht-zusammenfallende, im allgemeinen orthogonale Achsen gedreht. Vorzugsweise ist die erste Achse die Hochachse A und die zweite Achse die Querachse L, wobei das Azimut α durch Rotation um die Hochachse A und die Elevation λ durch Rotation um die Querachse L eingestellt werden.

[0030] Im Laufe einer ersten Messprozedur können der Azimutgleichlauf-Fehler $\Delta\alpha_1$ und der Taumel-Fehler $\Delta\tau$ ermittelt werden.

[0031] Zur Erfassung des Azimutgleichlauf-Fehlers $\Delta\alpha_1$ wird das Waffenrohr bei einer Elevation von 0° im Azimut α in Schritten verändert. Bei der mathematischen Methode ergeben die hierbei ermittelten Azimut-Fehler eine Azimut-Fehler-Kurve, die im Allgemeinen so beschaffen ist, dass sie durch eine Sinus-Funktion angenähert werden kann, wobei einer Rotation des Waffenrohres um 360° eine oder mehrere Perioden der Sinus-Funktion entsprechen. Als Messgerät wird eine erste Messeinheit des Kreisel-Messsystems benutzt.

[0032] Innerhalb der ersten Messprozedur wird auch der Taumel-Fehler $\Delta\tau$ erfasst. Hierzu können die zur Erfassung des Azimutgleichlauf-Fehlers $\Delta\alpha_1$ durchgeführten Rotationen des Waffenrohres wiederholt werden. Erfasst bzw. ermittelt werden aber nicht das Ist-Azimut und das Soll-Azimut bzw. deren Differenz. Erfasst wird der tatsächliche Neigungswinkel der Waffenrohrachse zur Horizontalen; dieser Neigungswinkel wird als Ist-Taumelwinkel bzw. Ist-Wert bezeichnet. Der theoretische Neigungswinkel, welcher als Soll-Taumelwinkel bzw. Soll-Wert bezeichnet wird, ist hier stets Null, da die Messprozedur bei einer Elevation von 0° durchgeführt wird. Erfasst wird also die Taumelbewegung bei einer Rotation um die Hochachse A. Es wäre allerdings auch möglich, die Messprozedur bei einem konstanten Elevations-Winkel, der nicht 0° beträgt, durchzuführen; der Soll-Taumelwinkel würde in einem solchen Falle diesem konstanten, theoretischen Elevationswinkel entsprechen, und der Ist-Taumelwinkel würde der Abweichung des tatsächlichen Elevationswinkels vom theoretischen Elevationswinkel entsprechen. Als Messsystem wird eine Wasserwaage, vorzugsweise eine elektronische Wasserwaage, benutzt.

[0033] Im Laufe einer zweiten Messprozedur können der Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ und der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$ bestimmt werden.

[0034] Der Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ setzt sich aus zwei Anteilen zusammen, die nur gemeinsam bestimmbar sind.

[0035] Ein erster Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ beruht - analog zum Azimutgleichlauf-Fehler - darauf, dass die jeweiligen Ist-Winkel des Waffenrohres mit den Soll-Winkeln nicht übereinstimmen. Eine diesen Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ beschreibende Teil-Fehler-Kurve bzw. Teil-Fehler-Funktion hat die Natur einer Sinusfunktion, ggfs. mit mehrfacher Kreisfrequenz.

[0036] Ein weiterer Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ beruht darauf, dass mit zunehmender Elevation das vom Gewicht des Waffenrohrs auf die Lafette ausgeübte Drehmoment geringer wird; dieses Drehmoment hat die Tendenz, das Waffenrohr nach unten zu drehen; in einer Zurrage, zum Beispiel mit Azimut 0° und geringer Elevation, wird das Geschütz tendenziell nach vorne kippen. Durch die Abnahme des Drehmomentes bei zunehmender Elevation wird das Waffenrohr weniger nach unten gezogen, mit der Folge, dass das Geschütz weniger nach vorne kippt bzw., im Vergleich zur Zurrage, nach hinten kippt. Die Teil-Fehler-Kurve bzw. Teil-Fehler-Funktion, die diesen Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers beschreibt, hat die Natur einer von 1 subtrahierten Cosinus-Kurve mit einfacher Kreisfrequenz.

[0037] Die Messungen der zweiten Messprozedur, mit welchen der Elevationsgleichlauf-Fehler bestimmt wird, laufen analog zur Messprozedur ab, mit welcher der Azimutgleichlauf-Fehler erfasst wird. Sie ergeben bei der mathematischen Methode eine Fehler-Funktion in der Art einer Sinus-Funktion entsprechend dem ersten Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers, wobei aber diese sinusartige Funktion nicht um eine Horizontale sondern um die stetig ansteigende Kurve der von 1 subtrahierten Cosinus-Kurve entsprechend dem zweiten Anteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers schwingt. Mathematisch lassen sich die beiden Teil-Fehler-Funktionen trennen. Für die Berechnung der entsprechenden Korrektur-Funktion muss eine solche Trennung nicht durchgeführt werden, da ja nur das Ergebnis, nämlich die Korrektur des gesamten Elevationsgleichlauf-Fehlers, von Belang ist. Die Teil-Fehler-Funktionen können aber ggfs. interessant sein, weil sie Fehler der Geschützkonstruktion, der Temperaturabhängigkeit einzelner Baugruppen, der Abnutzung und Anderes mehr sichtbar machen. Zur Messung wird eine zweite Messeinheit des Kreisel-Messsystems benutzt.

[0038] Der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$, der ebenfalls innerhalb der zweiten Messprozedur ermittelt werden kann, beruht darauf, dass die Elevationsachse **L** und die Azimutachse **A** nicht wie angestrebt orthogonal zueinander stehen, und dass die Waffenrohrachse nicht wie angestrebt orthogonal zur Elevationsachse **L** steht. Auch bei horizontiertem Geschütz hat dann eine Veränderung der Elevation λ einen Fehler des Azimuts α zur Folge. Der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$ kann prinzipiell mit einer Funktion beschrieben bzw. entsprechend korrigiert werden, welche im Wesentlichen proportional ist zur Summe einer Tangensfunktion von λ und einer inversen Cosinusfunktion von λ , nämlich $\Delta\alpha_2 = a \cdot \tan \lambda + b / \cos \lambda$. Bei einer Elevation von 90° oder nahezu 90° kann offensichtlich eine Korrektur nicht auf Grund dieser Funktion erfolgen, da $\cos \lambda$ dort unendlich wird. Der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$ wird mit der ersten Messeinheit des Kreisel-Messsystems gemessen.

[0039] In einer dritten Messprozedur wird schliesslich der Schiel-Fehler $\Delta\sigma$ erfasst. Dieser stellt die Nicht-Parallelität von Waffenrohrachse und Visierlinie dar. Der Schiel-Fehler $\Delta\sigma$ wird beim Verfahren nach der Erfindung in herkömmlicher und daher nicht weiter beschriebener Weise ermittelt und aufbereitet.

[0040] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden anhand von Beispielen und mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben; es zeigen:

Fig. 1A ein Waffensystem mit einer Einrichtung nach der Erfindung, in schematischer Darstellung;

Fig. 1B ein Geschütz des Waffensystems der Fig. 1A, in vereinfachter Darstellung, mit drei Achsen eines orthogonalen Achsensystems;

Fig. 2A eine schematische Darstellung zur Erläuterung des des Azimutgleichlauf-Fehlers;

Fig. 2B empirische Fehler-Kurven des Azimutgleichlauf-Fehlers;

Fig. 3A empirische Fehler-Kurven des Taumel-Fehlers,

Fig. 3B eine empirische Fehler-Kurve des Taumel-Fehlers; dargestellt ist nur der durch die Unterlafette bedingte Fehleranteil;

Fig. 3C eine empirische Fehler-Kurve des Taumel-Fehlers; dargestellt ist nur der durch die Bein-Abstützung bedingte Fehleranteil;

Fig. 4A eine empirische Fehler-Kurven des Elevationsgleichlauf-Fehlers für ein konstantes Azimut;

Fig. 4B Elevationsgleichlauf-Fehler in Abhängigkeit vom Azimut mit verschiedenen Elevationen als Parameter; und

Fig. 5 ein empirische Fehler-Kurve und eine mathematische Fehler-Funktion des Lotablauf-Fehlers.

[0041] Da erfassbare Fehler im Vergleich zu den Absolutwerten, beispielsweise für Azimut oder Elevation, bekanntlich klein sind, sind Diagramme, welche Fehler-Kurven und Fehler-Funktionen darstellen, nicht massstäblich, damit der Verlauf der Funktionen deutlich sichtbar ist.

[0042] **Fig. 1A** zeigt schematisch ein Waffensystem **10**. Das Waffensystem **10** weist ein Geschütz **10.1** mit einem Waffenrohr **10.2**, ein Feuerleitgerät **10.3** und einen Feuerleitrechner bzw. Systemrechner **10.4** auf. Das Waffensystem **10** weist auch einen Soll-Wert-Geber **10.5** auf, mit welchem die Soll-Lage des Waffenrohres **10.2** erfasst wird.

[0043] Im Weiteren zeigt **Fig. 1A** eine Einrichtung **20** zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung. Die Einrichtung **20** besitzt eine Mess-Anlage **20.1** zum Erfassen der Ist-Werte, welche die tatsächliche Lage des Waffenrohres **10.2** nach dem Richten beschreiben, und eine Rechneinheit **20.2**. Der Soll-Wert-Geber **10.5** ist zwar üblicherweise ein Bestandteil des Waffensystems **10**, ist aber funktionsmässig ebenfalls der Einrichtung **20** zuzurechnen.

[0044] **Fig. 1B** zeigt das Geschütz **10.1** des Waffensystems **10**, mit einer Unterlafette **12**, einer Oberlafette **14** und mit dem Waffenrohr **10.2**. Die Unterlafette **12** ist über drei Beine **12.1**, **12.2**, **12.3** auf einer horizontalen Standfläche **1** abgestützt. In **Fig. 1** ist auch das orthogonale Achsensystem der drei Achsen eingezeichnet, wobei die Hochachse mit **A**, die Querachse mit **L** und die Längsachse mit **R** bezeichnet ist. Das Waffenrohr **10.2** ist zur Veränderung des Seitenwinkels bzw. des Azimuts α um die Hochachse **A** und zur Veränderung des Höhenwinkels bzw. der Elevation λ um die Querachse **L** drehbar.

[0045] Am Waffenrohr **10.2** ist im Mündungsbereich ein opto-elektronisches Kreisel-Messsystem **22** angeordnet, das eine Komponente der Mess-Anlage **20.1** bildet. Das Kreisel-Messsystem **22** umfasst eine erste Messeinheit bzw. α -Messeinheit und eine zweite Messeinheit bzw. λ -Messeinheit, mit welchen Winkeländerungen in Folge veränderten Azimuts α bzw. veränderter Elevation λ des Waffenrohres **10.2** erfasst werden.

[0046] Im Folgenden wird beschrieben, wie zur Kompensation eines Azimutgleichlauf-Fehlers $\Delta\alpha_1$ und zur Kompensation eines Taumel-Fehlers Δt vorgegangen wird, die innerhalb einer ersten Messprozedur, jedoch in separaten Teilprozeduren erfassbar sind.

[0047] Die **Fig. 2A** bis **2C** beziehen sich auf die Teilprozedur betreffend den Azimutgleichlauf-Fehler $\Delta\alpha_1$. In **Fig. 2A** ist das Geschütz **10.1** stark vereinfacht in Draufsicht dargestellt. Das Waffenrohr **10.2**, vereinfacht als Waffenrohrachse dargestellt, ist mit ausgezogenen Linien in seiner Null-Lage und mit gestrichelten Linien in einer der Mess-Lagen angegeben, die mit der Null-Lage einen Winkel von zum Beispiel 20° einschliesst. Ausgehend von der Null-Lage wird das Waffenrohr **10.2** in Schritten von zum Beispiel 5° in Richtung des Pfeiles **D1** insgesamt um 180° in eine Endlage gedreht. Die Drehung des Waffenrohres **10.2** wird vom Feuerleitrechner **10.4** kontrolliert. Jede Mess-Lage ist durch den zugehörigen Seitenwinkel bzw. das zugehörige Azimut α bestimmt. Nach jedem Schritt befindet sich das Waffenrohr **10.2** theoretisch in einer Soll-Lage, die durch einen zugehörigen Soll-Wert bzw. ein zugehöriges Soll-Azimut α_1 (**theor**) definiert ist, das, beispielsweise am Geschütz **10.1**, angezeigt wird. In Wirklichkeit befindet sich das Waffenrohr **10.2** aber in einer Ist-Lage, die durch einen von der α -Messeinheit des Kreisel-Messsystems **22** der Mess-Anlage **20.1** erfassten Ist-Wert bzw. ein Ist-Azimut α_1 (**eff**) angegeben wird. Die Rechneinheit **20.2** berechnet jeweils den Fehler-Wert bzw. Fehler-Winkel, das heisst die Abweichung des Ist-Wertes α_1 (**eff**) vom Soll-Wert α_1 (**theor**). Die Fehler-Werte werden dann in Abhängigkeit von α_1 (**theor**) als erst-direktionale empirische Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})_1$ dargestellt. Die bisher beschriebenen Verfahrensschritte werden mehrmals wiederholt, um zufällige Fehler bei der Erfassung von Ist-Azimut und Soll-Azimut möglichst auszuschalten. Hierbei werden weitere erst-direktionale empirische Azimut-Fehler-Kurven $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})_2$, $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})_3$, $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})_i$ ermittelt. Gemäss **Fig. 2B** resultiert aus allen erst-direktionalen Azimut-Fehler-Kurven schliesslich eine mittlere erst-direktionale Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})$. Anschliessend werden die oben beschriebenen Verfahrensschritte nochmals durchgeführt, wobei aber die Drehung des Waffenrohres **10.2** gegensinnig, das heisst in Richtung des Pfeiles **D2**, erfolgt. Daraus ergeben sich, ebenfalls gemäss **Fig. 2B**, mehrere zweit-direktionale Azimut-Fehler-Kurven $f_{\alpha_1}(\mathbf{D2})_1$, $f_{\alpha_1}(\mathbf{D2})_2$, $f_{\alpha_1}(\mathbf{D2})_3$ und eine mittlere zweit-direktionale empirische Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D2})$. Als nächstes wird aus der mittleren erst-direktionalen empirischen Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D1})$ und aus der mittleren zweit-direktionalen empirischen Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D2})$ eine mittlere directions-freie empirische Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D0})$ berechnet, welche ebenfalls in **Fig. 2B** dargestellt ist. Gemäss **Fig. 2B** verläuft die mittlere directions-freie Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D0})$, welche den Azimutgleichlauf-Fehler $\Delta\alpha_1$ beschreibt, etwa in Form einer Sinus-Kurve mit doppelter Kreisfrequenz. Dies lässt darauf schliessen, dass im Seitendrehlager eine leichte Ovalität vorhanden ist.

[0048] Bei der numerischen Methode werden die mittlere directions-freie empirische Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D0})$ bzw. die Wertepaare, welchen diese Kurve definieren, dem Feuerleitrechner bzw. Systemrechner zur Verfügung gestellt, um bei weiteren Berechnungen von Richt-Werten zur Verfügung zu stehen. Die numerische Methode kann analog für alle Messprozeduren durchgeführt werden.

[0049] Bei der mathematischen Methode wird die mittlere directions-freie empirische Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha_1}(\mathbf{D0})$ durch eine mathematische Azimut-Fehler-Funktion F_{α_1} angenähert. Die Annäherung erfolgt entweder abschnittsweise durch je eine mathematische Teil-Fehler-Funktion, wobei die Gesamtheit der Teil-Fehler-Funktionen als mathemati-

sche Fehler-Funktion bezeichnet werden, oder insgesamt durch eine einzige mathematische Fehler-Funktion. Die mathematische Fehler-Funktion $F_{\alpha 1}$ dient zur Erstellung einer Korrektur-Funktion, welche bei der Berechnung der Richt-Werte zusammen mit anderen zur Verfügung stehenden Daten berücksichtigt wird. Zur Überprüfung können nach der Implementierung der Korrektur-Funktion in die Software des Systemrechners **10.4** die bis hier beschriebenen

Verfahrensschritte nochmals durchgeführt werden; die hierbei ermittelte korrigierte Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha 1}(D0)_{\text{kor}}$ verläuft wesentlich flacher als die nicht-korrigierte Fehler-Kurve $f_{\alpha 1}(D0)$; der ursprünglich beträchtliche Azimutgleichlauf-Fehler kann also auf einen sehr geringen Restfehler reduziert bzw. nahezu vollständig kompensiert werden.

[0050] Die oben beschriebenen Verfahrensschritte können teilweise auch in anderer Reihenfolge durchgeführt werden, was aber die Ergebnisse nicht oder nicht wesentlich beeinflusst. Insbesondere ist es zeitsparend, die Messungen zur Ermittlung der erst-direktionalen und der zweit-direktionalen Fehler-Funktionen abwechselnd durchzuführen.

[0051] Um genauere Ergebnisse zu erzielen, kann auf die Ermittlung der directionsfreien Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha 1}(D0)$ verzichtet werden; anstelle davon werden zur erst-direktionalen empirischen Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha 1}(D1)$ und zur zweidirektionalen empirischen Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha 1}(D2)$ je eine mathematische Azimut-Fehler-Funktion $F_{\alpha 1}(D1)$ bzw. $F_{\alpha 1}(D2)$ und daraus die entsprechenden Korrektur-Funktionen bestimmt.

[0052] Die **Fig. 3A** bis **3C** beziehen sich auf den Taumel-Fehler $\Delta\tau$. Das Waffenrohr **10.2** sollte bei einer Elevation von 0° theoretisch horizontal gerichtet sein, das heisst, dass die Soll-Elevation 0° betragen müsste. In Wirklichkeit wird das Waffenrohr **10.2** stets eine geringe Neigung zur Horizontalen haben, das heisst, die Ist-Elevation beträgt nicht 0° sondern unterscheidet sich um $\Delta\tau$ von 0° . Der Winkel $\Delta\tau$ ist vom Azimut α abhängig. Bei einer Rotation längs 360° um die Hochachse **A** führt das Waffenrohr **10.2** daher eine so genannte Taumel-Bewegung aus, welche durch eine Taumel-Fehler-Funktion beschrieben wird. Zur Erfassung des Taumel-Fehlers $\Delta\tau$ wird das Waffenrohr **10.2** ohne Elevation λ in gleichen Schritten bewegt wie zur Ermittlung des Azimutgleichlauf-Fehlers $\Delta\alpha$. Erfasst wird aber nach jedem Messschritt der effektive Neigungs- bzw. Taumelwinkel des Waffenrohres **10.2**, welcher als Waffenrohr-Taumelwinkel $\tau(\text{eff})$ bezeichnet wird. Der theoretische Neigungs- bzw. Taumelwinkel welcher als Soll-Wert bzw. Soll-Taumelwinkel $\tau(\text{theor})$ bezeichnet wird, ist Null. Der Ist-Wert bzw. Ist-Taumelwinkel $\tau(\text{eff})$ kann in Funktion des Azimuts α (**theor**) dargestellt werden. Analog zur Ermittlung der mittleren empirischen Azimut-Fehler-Kurve $f_{\alpha}(D1)$ und $f_{\alpha}(D2)$ werden nun eine mittlere erst-direktionale und eine mittlere zweit-direktionale empirische Taumel-Fehler-Kurven $f_{\tau}(D1)$ bzw. $f_{\tau}(D2)$ bestimmt. Daraus ergibt sich schliesslich eine directionsfreie empirische Taumel-Fehler-Kurve $f_{\tau}(D0)$, welche durch eine mathematische Taumel-Fehler-Funktion F_{τ} angenähert wird. In **Fig. 3A** sind von einer Vielzahl ermittelter empirischer Taumel-Fehler-Kurven die beiden extremalen Taumel-Fehler-Kurven dargestellt, zwischen welchen alle anderen Taumel-Fehler-Kurven liegen; die Messungen scheinen recht genau zu sein, da die Kurven nur geringfügig voneinander abweichen; die Taumelbewegung ist eine sinus-artige Bewegung. Eine Analyse der Messdaten zur Taumel-Bewegung ergibt Resultate, die in den **Fig. 3B** und **3C** dargestellt sind. Der Taumel-Fehler hat demzufolge zwei Ursachen: Erstens die azimut-abhängige Steifigkeit der Unterlafette; der daraus resultierende Anteil des Taumel-Fehlers ist in **Fig. 3B** dargestellt ist; zweitens die ebenfalls azimut-abhängige Versteifungswirkung durch die Beine, wobei der daraus resultierende Anteil des Taumel-Fehlers in **Fig. 3C** dargestellt ist. In den **Fig. 3B** und **3C** sind die positiven Werte des Taumelfehlers mit durchgezogenen Linien und die negativen Werte des Taumelfehlers mit gestrichelten Linien dargestellt.

[0053] Als Nächstes wird die Kompensation des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ beschrieben, welcher in einer zweiten Messprozedur erfasst wird. Der Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ setzt sich aus zwei Fehleranteilen zusammen. Beide Fehleranteile sind mittels einer zweiten Messeinheit bzw. λ -Messeinheit des Kreisel-Messsystems **22** der Mess-Anlage **20.1** und nur in ihrer Summe erfassbar. Mit λ werden daher Daten bzw. Funktionen bezeichnet bzw. indexiert, die den gesamten Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ betreffen. Unter Elevation λ wird hierbei der vom Waffenrohr **10.2** unter Konstanthaltung des Azimuts α eingenommene Neigungswinkel des Waffenrohres **10.2** zur Horizontalen verstanden. Die Elevation λ wird, ausgehend von einer horizontalen Lage, das heisst von einer Elevation von 0° und einer Lotabweichung von ebenfalls 0° , in Schritten von zum Beispiel 5° bis zu einer Endlage von zum Beispiel 85° verändert. Die Bewegung des Waffenrohres **10.2** wird von einem Rechner kontrolliert. Nach jedem Schritt befindet sich das Waffenrohr **10.2** in einer Messlage. Hierbei beträgt seine Elevation theoretisch einen Wert, der als Soll-Wert bzw. Soll-Elevation $\lambda(\text{theor})$ bezeichnet wird und der vom Soll-Wert-Geber **10.5** angegeben wird. In Wirklichkeit ist aber das Waffenrohr **10.2** in einer anderen Lage, die durch den Ist-Wert bzw. die Ist-Elevation $\lambda(\text{eff})$ beschrieben wird. Wie weiter oben mit Bezug auf den Azimutgleichlauf-Fehler beschrieben, wird die Differenz zwischen $\lambda(\text{theor})$ und $\lambda(\text{eff})$ in Funktion von $\lambda(\text{theor})$ dargestellt. Die Bewegung des Waffenrohres **10.2** wird mehrmals in beiden Drehrichtungen wiederholt. Aus den dabei erfassten Messergebnissen erhält man eine mittlere erst-direktionale empirische Elevations-Fehler-Kurve $f_{\lambda}(D1)$ und eine mittlere zweit-direktionale empirische Elevations-Kurve $f_{\lambda}(D2)$. Daraus ergibt sich eine directionsfreie, Elevations-Fehler-Kurve $f_{\lambda}(D0)$, die in **Fig. 4A** mit durchgezogener Linie dargestellt ist. Aus **Fig. 4A** ist ersichtlich, dass bei zunehmender Elevation λ , also bei stets steilerer Anordnung des Waffenrohres **10.2**, die Elevations-Fehler-Kurve $f_{\lambda}(D0)$ ansteigt. Die empirische Elevations-Fehler-Kurve $f_{\lambda}(D0)$ wird dann durch eine mathematische Elevations-Fehler-Funktion F_{λ} angenähert, und es wird eine Korrektur-Funktion bestimmt, die bei der Berechnung der Richt-Werte berücksichtigt wird. Wiederholt man die Messungen, jedoch unter Berücksichtigung der Korrektur-Funktion, so

verläuft die korrigierte Elevations-Fehler-Funktion weit flacher als die unkorrigierte.

[0054] Mit einer mathematischen Analyse der mathematischen Elevations-Fehler-Funktion $F\lambda$ lassen sich die bei der Messung nicht einzeln erfassbaren Fehleranteile des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ bestimmen.

[0055] Der erste Fehleranteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers für sich allein würde eine Fehler-Funktion ergeben, die im Wesentlichen einer Sinus-Funktion mit mehrfacher Kreisfrequenz entspricht.

[0056] Der zweite Fehleranteil des Elevationsgleichlauf-Fehlers für sich allein würde eine Fehler-Funktion $f\lambda_2(D_0)$ ergeben, die im Wesentlichen einer von 1 subtrahierten Cosinus-Funktion folgt, die in **Fig. 4A** mit gestrichelter Linie dargestellt ist. Dies entspricht der Tatsache, dass mit steigender Elevation das vom Gewicht des Waffenrohres **10.2** auf die Lafette ausgeübte Drehmoment abnimmt, weil der Abstand der Wirkungslinie des Gewichtes des Waffenrohres **10.2** von der Querachse **L** abnimmt; dieses Drehmoment hat die Neigung, das Geschütz **10.1** und damit das Waffenrohr **10.2** nach vorne unten zu kippen; eine Verringerung dieses Drehmomentes hat demzufolge den Effekt, dass das Geschütz **10.1** mit dem Waffenrohr **10.2** weniger nach vorne unten kippt bzw. relativ nach hinten kippt.

[0057] Der Summe der Fehleranteile entspricht die aus den durchgeführten Messungen hervorgehende Elevations-Fehler-Kurve $f\lambda(D_0)$. Diese stellt sich dar als eine Schwingung entsprechend dem ersten Fehleranteil um eine ansteigende Kurve gemäss entsprechend dem zweiten Fehleranteil.

[0058] Die oben beschriebenen Messungen des Elevationsgleichlauf-Fehlers $\Delta\lambda$ der zweiten Messprozedur werden bei konstantgehaltenen Azimut α durchgeführt. Dann erfolgen für weitere Azimute eine Vielzahl weiterer Messserien, jeweils mit konstantgehaltenem Azimut pro Messserie, wobei die Winkelabstände zwischen den konstantgehaltenen Azimuten beispielsweise 5° betragen können. Auch hier wird vorzugsweise so vorgegangen, dass pro Azimut zwei Messserien durchgeführt werden, wobei für die erste Messserie in einem ersten Drehsinn und für die zweite Messserie im entgegengesetzten Drehsinn gedreht wird. **Fig. 4B** zeigt in einer räumlichen Parameterdarstellung den Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ in Abhängigkeit vom Azimut α , mit verschiedenen Elevationen λ als Parameter, wobei die unterste Kurve der kleinsten Elevation entspricht.

[0059] Die weiteren Schritte zur Kompensation des Elevationsgleichlauf-Fehlers erfolgen analog zur weiter oben beschriebenen Kompensation des Azimutgleichlauf-Fehlers.

[0060] Es sei noch erwähnt, dass, wie weiter oben mit Bezug auf die Kompensation des Azimutgleichlauf-Fehlers beschrieben, die einzelnen Mess- und Auswertvorgänge mindestens teilweise auch in vertauschter Reihenfolge durchgeführt werden können, ohne die Ergebnisse zu beeinflussen.

[0061] Ebenfalls innerhalb der zweiten Messprozedur wird auch der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$ ermittelt. Hierfür wird in jeder der Messlagen, in welchen der mit Hilfe der λ -Messeinheit der Elevationsgleichlauf-Fehler $\Delta\lambda$ bestimmt wird, mit Hilfe der α -Messeinheit der Lotablauf-Fehler $\Delta\alpha_2$ bestimmt. **Fig. 5** zeigt den Lotablauf-Fehler in Funktion der Elevation λ . Die empirische Lotablauf-Fehler-Kurve $f\alpha_2$, gestrichelt dargestellt, kann durch eine mathematische Lotablauf-Fehler-Funktion $F\alpha_2$, mit durchgezogener Linie dargestellt, angenähert werden, beispielsweise durch ein Polynom zweiter Ordnung.

[0062] Die Erfassung und die Kompensation des Lotablauf-Fehlers $\Delta\alpha_2$ erfolgen analog zur weiter oben beschriebenen Kompensation des Azimutgleichlauf-Fehlers $\Delta\alpha_1$.

[0063] Als Letztes erfolgt eine dritte Messprozedur, mit deren Hilfe eine Kompensation des Schiel-Fehlers $\Delta\sigma$ durchgeführt wird. Der Schiel-Fehler $\Delta\sigma$ entsteht, weil die Richtungen der Waffenrohrachse und der Visierlinie des Geschützes nicht zusammenfallen, sondern einen Schiel-Winkel einschliessen. Zur Ermittlung des Schiel-Fehlers werden die Verlängerung der Waffenrohrachse einerseits und der Visierlinie andererseits in einem gewissen Abstand von der Mündung des Waffenrohres dargestellt, beispielsweise mittels einer Projektion, wobei Waffenrohrachse und Visierlinie als Punkt erscheinen. Die Ablage der beiden Punkte ist ein Mass für den Schiel-Fehler, zu dessen Ermittlung auch die Distanz zwischen Waffenrohrmündung und Projektionsfläche berücksichtigt werden muss. Diese Art der Ermittlung des Schiel-Fehlers ist nicht neu und wird hier nur ergänzend erwähnt, da eine vollständige Kompensation von Schiessfehlern, die durch statische Geschützgeometrie-Fehler verursacht sind, auch Schiel-Fehler miteinbezogen werden müssen.

[0064] Während sich die obige Beschreibung vorwiegend auf das Verfahren nach der Erfindung bezieht, wird im Folgenden näher auf die zur Durchführung dieses Verfahrens benutzte Einrichtung eingegangen.

[0065] Es sei hier nochmals erwähnt, dass das neue Verfahren mittels der neuen Einrichtung an einem Waffensystem **10** gemäss **Fig. 1A** durchgeführt wird. Das Waffensystem **10** weist das Geschütz **10.1** mit mindestens einem Waffenrohr **10.2** auf, dessen Bewegungen in herkömmlicher Weise von Geschützservos gesteuert werden. Ferner weist das Waffensystem **10** das Feuerleitgerät **10.3** auf. Das Waffensystem **10** besitzt im Weiteren den Systemrechner bzw. Feuerleitrechner **10.4**, welcher am Feuerleitgerät **10.3** oder, mindestens teilweise, am Geschütz **10.1** angeordnet ist. Das Waffensystem **10** besitzt herkömmlicherweise auch einen Soll-Wert-Geber **10.5**, der Soll-Werte, insbesondere von Azimut α und Elevation λ , angibt, welche die beabsichtigte bzw. vom Systemrechner **10.4** bestimmte Stellung des gerichteten Waffenrohres **10.2** beschreiben.

[0066] Zur Durchführung des neuen Verfahrens werden mehrere Komponenten benötigt, die im Folgenden näher beschrieben sind:

[0067] Eine erste Komponente wird durch den Soll-Wert-Geber **10.5** gebildet, der dazu dient, die Soll-Werte, welche die beabsichtigte bzw. angebliche Stellung des Waffenrohres **10.2** beschreiben, anzugeben. Als Soll-Wert-Geber wird der am Waffensystem **10** ohnehin vorhandene Soll-Wert-Geber benutzt.

[0068] Eine zweite Komponente der neuen Einrichtung wird durch die Mess-Anlage **20.1** zum Erfassen der Ist-Werte gebildet, welche die tatsächliche Stellung des Waffenrohres **10.2** beschreibt. Die Mess-Anlage **20.1** umfasst mindestens das opto-elektronisches Kreisel-Messsystem **22.1**, beispielsweise ein Faserkreisel-Messsystem. Das Kreisel-Messsystem **22.1** weist mindestens eine erste bzw. α -Messeinheit zum Erfassen von Änderungen des Winkels, vorzugsweise des Azimuts α , des Waffenrohres **10.2** auf. Vorzugsweise weist das Kreisel-Messsystem **22.1** auch eine zweite bzw. λ -Messeinheit zum Erfassen von Änderungen der Elevation λ des Waffenrohres **10.2** auf.

[0069] Unter einem opto-elektronischen Kreisel-Messsystem sollen im Rahmen der vorliegenden Erfindung nicht nur Faserkreisel-Messsysteme sondern auch andere Messsysteme, beispielsweise Ringlaserkreisel-Messsysteme, verstanden werden.

[0070] Kreisel-Messsysteme haben generell den Vorteil, dass sie autonom arbeiten; es müssen also keine system-externen Referenzpunkte benutzt werden. Geschütze müssen nicht in eine besondere Vermessungsstation gebracht werden. Weil keine system-externe Referenz vorhanden ist, driftet aber im Allgemeinen das System mit der Zeit. Die sich hierbei manifestierende Kreisel drift muss bestimmt und bei der Verwertung der Messergebnisse berücksichtigt werden. Im Zusammenhang damit kann ein Laser-Positionierungssystem benutzt werden.

[0071] Um die statischen Geschützgeometrie-Fehler vollständiger zu erfassen und in der Folge eine präzisere Kompensation von dadurch verursachten Schiessfehlern durchzuführen, weist die zweite Komponente der neuen Einrichtung, das heisst die Mess-Anlage **20.1**, vorzugsweise auch Messsysteme zur Erfassung weiterer Fehler, insbesondere des Taumel-Fehlers $\Delta\tau$ und des Schiel-Fehlers $\Delta\sigma$ auf.

[0072] Um den Taumel-Fehler $\Delta\tau$ zu erfassen, wird zusätzlich, zum Kreisel-Messsystem **22.1** ein weiteres Messsystem **21.2** in Form einer herkömmlichen, vorzugsweise elektronischen, Wasserwaage eingesetzt. Diese misst Winkel gegenüber der Horizontalen, im vorliegenden Anwendungsbeispiel den jeweiligen Winkel der Waffenrohrachse zur Horizontalen. Unter einer elektronischen Wasserwaage wird ein Sensor verstanden, der den sogenannten Horizontwinkel, das heisst den Winkel zu einer Horizontalen, misst, und ein mit diesem Winkel korreliertes elektrisches Signal abgibt. Die Messung benutzt Effekte der Gravitation, welche die Vertikale und damit auch die Horizontale definiert. Hierbei ist es unerheblich, in welcher Weise sich der Sensor die Gravitation zu Nutze macht.

[0073] Es sei noch bemerkt, dass sich mit Hilfe einer elektronischen Wasserwaage auch die Verkantung bzw. der Tilt des Geschützes **10.1** feststellen lässt. Unter Verkantung bzw. Tilt wird Folgendes verstanden: Wird das Waffenrohr **10.2** nur im Azimut bewegt, so kann die Bewegung der Mündung des Waffenrohres näherungsweise als eine Kreislinie, die eine Ebene definiert, betrachtet werden. Die winkelmässige Abweichung dieser Ebene gegenüber der Horizontalebene wird als Verkantung bzw. Tilt bezeichnet; mit anderen Worten gesagt wäre diese Ebene ohne Tilt eine Horizontalebene. Die Verkantung bzw. der Tilt werden bei neuen Geschützen im Allgemeinen selbsttätig kompensiert bzw. das Geschütz selbsttätig horizontalisiert. Die Horizontalisierung des Geschützes ist aber für die Durchführung des neuen Verfahrens nicht erforderlich.

[0074] Um den Schiel-Fehler $\Delta\tau$ zu erfassen, wird zusätzlich zum Kreisel-Messsystem **22.1** und zur elektronischen Wasserwaage **22.2** ein weiteres Messsystem **22.3** in Form einer herkömmlichen vorzugsweise optischen Vorrichtung eingesetzt. Diese misst die winkelmässige Differenz zwischen der Waffenrohrachse und der Visierlinie des Geschützes **10.1**.

[0075] Als dritte Komponente zur Durchführung des neuen Verfahrens wird ein Rechner benötigt. Der Rechner ist gemäss **Fig. 1A** als separate Rechneinheit **20.2** ausgebildet, welche ausschliesslich oder unter anderem zur Durchführung des neuen Verfahrens benutzt und nur hierzu mit dem Waffensystem **10** gekoppelt wird. Als Rechner kann aber ggfs. auch der Feuerleitrechner bzw. Systemrechner **10.4** des Waffensystems **10** benutzt werden.

[0076] Die dritte Komponente der neuen Einrichtung, im vorliegenden Fall die Rechneinheit **20.2**, besitzt einen Dateneingang bzw. eine Datenschnittstelle, über welche ihm mindestens Daten zugeführt werden, welche die erfassten Soll-Werte und Ist-Werte repräsentieren. Die Daten können der Rechneinheit **20.2** in beliebiger geeigneter Weise zur Verfügung gestellt werden, beispielsweise mit Hilfe eines Datenträgers wie einer Diskette, oder über eine Datenleitung, welche materiell oder immateriell sein kann.

[0077] Wird als Rechner der Feuerleitrechner bzw. Systemrechner **10.4** eingesetzt, so kennt er die Soll-Werte bereits, und die Ist-Werte werden ihm via einen Dateneingang bzw. eine Datenschnittstelle **24** zur Verfügung gestellt.

[0078] Die dritte Komponente der neuen Einrichtung, im vorliegenden Fall die Rechneinheit **20.2**, besitzt ferner eine implementierte Software, um aus den Soll-Werten und den Ist-Werten die Korrektur-Werte zu ermitteln. Die hierbei durchzuführenden Schritte sind weiter oben mit Bezug auf das Verfahren nach der Erfindung ausführlich beschrieben.

[0079] Wird als Rechner der Feuerleitrechner bzw. Systemrechner **10.4** benutzt, so können die ermittelten Korrektur-Werte direkt in der Feuerleit-Software implementiert werden.

[0080] Wird als Rechner nicht der Feuerleitrechner bzw. Systemrechner sondern die separate Rechneinheit **20.2** benutzt, so müssen die ermittelten Korrektur-Werte dem Feuerleitrechner bzw. Systemrechner **10.4** über den Daten-

eingang bzw. die Datenschnittstelle **24** zur Verfügung gestellt und hierauf in die Feuerleit-Software implementiert werden.

[0081] Vorzugsweise weist die dritte Komponente, das heisst der Rechner, insbesondere wenn er durch die separate Rechereinheit **20.2** gebildet ist, eine Eingabeeinheit **20.3** wie zum Beispiel eine Tastatur auf, über welche weitere Daten zur Verfügung gestellt werden. Hierbei kann es sich beispielsweise um Daten handeln, welche den Ablauf des neuen Verfahrens steuern, indem sie unter Anderem das schrittweise Drehen des Waffenrohres in die Mess-Lagen durch die Servos und die Ankoppelung der jeweils zu benutzenden Messsysteme bzw. Messeinheiten steuern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kompensieren von Schiessfehlern eines ein Waffenrohr **(10.2)** aufweisenden Geschützes, welche verursacht werden durch statische Geschützgeometrie-Fehler, die beim Richten des Waffenrohres **(10.2)** auf Richt-Werte die Stellung des Waffenrohres **(10.2)** beeinflussen, wobei

- das Waffenrohr **(10.2)** durch Drehung um eine Achse **(A, L)** in Schritten in Messlagen gebracht wird,
- zu jeder Messlage
 - ein Soll-Wert, der die Soll-Stellung des Waffenrohres **(10.2)** beschreibt, und
 - ein Ist-Wert, der die Ist-Stellung des Waffenrohres **(10.2)** beschreibt, erfasst werden,
 - eine als Fehler-Wert definierte Differenz zwischen dem Ist-Wert und dem Soll-Wert berechnet wird,

- aus mehreren der Fehler-Werte der Messlagen Korrektur-Werte ermittelt werden und
- die Korrektur-Werte beim späteren Richten des Waffenrohres **(10.2)** berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Ermitteln der Korrektur-Werte

- die Fehler-Werte empirisch dargestellt werden,
- die empirisch dargestellten Fehler-Werte durch eine mathematische Fehler-Funktion angenähert wird, und
- aus der mathematischen Fehler-Funktion die Korrektur-Werte bestimmt werden, die bei einer späteren Berechnung der Richt-Werte für das Waffenrohr **(10.2)** berücksichtigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Korrektur-Werte in Form einer Korrektur-Funktion bestimmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Erfassen der Ist-Werte eine Mess-Anlage **(20.1)** benutzt wird, welche eine opto-elektronisches Kreisel-Messsystem **(22.1)** mit einer ersten Messeinheit aufweist, mit der Azimutgleichlauf-Fehler ($\Delta\alpha_1$) und/oder Lotablauf-Fehler ($\Delta\alpha_2$) erfasst werden.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Erfassen der Ist-Werte eine Mess-Anlage **(20.1)** benutzt wird, welche ein opto-elektronisches Kreisel-Messsystem **(22.1)** mit einer zweiten Messeinheit aufweist, mit der Elevationsgleichlauf-Fehler ($\Delta\lambda$) erfasst werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Erfassen der Ist-Werte eine Mess-Anlage **(20.1)** benutzt wird, welche ein Messsystem **(22.2)** mit einer, vorzugsweise elektronischen, Wasserwaage aufweist, mit der Taumel-Fehler ($\Delta\tau$) erfasst werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Erfassen der Ist-Werte eine Mess-Anlage **(20.1)** benutzt wird, welche ein Messsystem **(22.3)** mit einer

Vorrichtung aufweist, mit der Schiel-Fehler ($\Delta\sigma$) erfasst werden.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Soll-Werte und die Ist-Werte einem Rechner (20.2, 10.4) zur Verfügung gestellt werden, welcher die Korrektur-Werte bzw. die Korrekturfunktion bestimmt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Korrektur-Werte in einen dem Geschütz (10.1) zugeordneten Systemrechner (10.4) abgelegt werden, um bei der Berechnung der Richt-Werte für das Richten des Waffenrohres (10.2) benutzt zu werden.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Waffenrohr (10.2) bei seiner Drehung in die Mess-Lagen um die Hochachse (A) des Geschützes (10.1) und vorzugsweise auch um die Querachse (L) des Geschützes (10.1) gedreht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Erfassen der Ist-Werte mit Hilfe eines opto-elektronischen Kreisel-Messsystems (22) eine Kreisel drift des Kreisel-Messsystems (22) in zeitlichen Abständen oder laufend festgestellt und in den erfassten Ist-Werten berücksichtigt wird.
12. Einrichtung zum Kompensieren von Schiessfehlern eines ein Waffenrohr (10.2) aufweisenden Geschützes, welche Schiessfehler verursacht werden durch statische Geschützgeometrie-Fehler, die beim Richten des Waffenrohres (10.2) auf berechnete Richt-Werte die Stellung des Waffenrohres (10.2) beeinflussen, welche Einrichtung eine Mess-Anlage (20.1) aufweist, zur Ermittlung von Ist-Werten, welche die Stellung des Waffenrohres beschreiben, wobei die Mess-Anlage (20.1) ein opto-elektronisches Kreisel-Messsystem (22.1) am Waffenrohr (10.2) mit einer ersten Messeinheit aufweist, um Azimutgleichlauf-Fehler ($\Delta\alpha_1$) und ggfs. Lotablauf-Fehler ($\Delta\alpha_2$) zu erfassen.
13. Einrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das opto-elektronische Kreisel-Messsystem (22.1) eine zweite Messeinheit aufweist, um Elevationsgleichlauf-Fehler ($\Delta\lambda$) zu erfassen.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mess-Anlage (20.1)
 - ein Messsystem (22.2) mit einer, vorzugsweise elektronischen, Wasserwaage aufweist, um Taumel-Fehler ($\Delta\tau$) zu erfassen, und/oder
 - ein Messsystem (22.3) mit einer, vorzugsweise optischen, Vorrichtung aufweist, um Schiel-Fehler ($\Delta\sigma$) zu erfassen.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Rechneinheit (20.2) besitzt,
 - die eingangsseitig mit einem Soll-Wert-Geber (10.5), der Soll-Werte zur Verfügung stellt, die die Soll-Lage des Waffenrohres (10.2) beschreiben, und mit der Mess-Anlage (20.1), der die Ist-Werte zur Verfügung stellt, verbunden ist,
 - die dazu ausgebildet ist, auf Grund der Soll-Werte und der Ist-Werte Korrektur-Werte zu berechnen, welche dazu bestimmt sind, bei der Berechnung der Richt-Werte für das Waffenrohr (10.2) berücksichtigt werden, um die Schussfehler zu kompensieren, und
 - die ausgangsseitig mit einem System-Rechner (10.4) verbindbar ist, um ihm Daten zur Verfügung zu stellen, welche die Korrektur-Werte repräsentieren.
16. Einrichtung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Rechneinheit (20.2) eine Eingabeeinheit (20.3) aufweist zur Eingabe von Daten.

17. Systemrechner (10.4) eines Waffensystems (10) zur Berechnung von Richt-Werten für das Richten eines Waffenrohres (10.2) eines Geschützes (10.1) des Waffensystems (10),

dadurch gekennzeichnet,

dass der Systemrechner (10.4) einen Dateneingang (24) für zur Verfügung gestellte Daten aufweist, welche Daten dazu bestimmt sind, bei der Berechnung der Richt-Werte berücksichtigt zu werden, um Richtfehler zu kompensieren, die durch statische Geschützgeometrie-Fehler verursacht sind und die Stellung des Waffenrohres (10.2) beeinflussen.

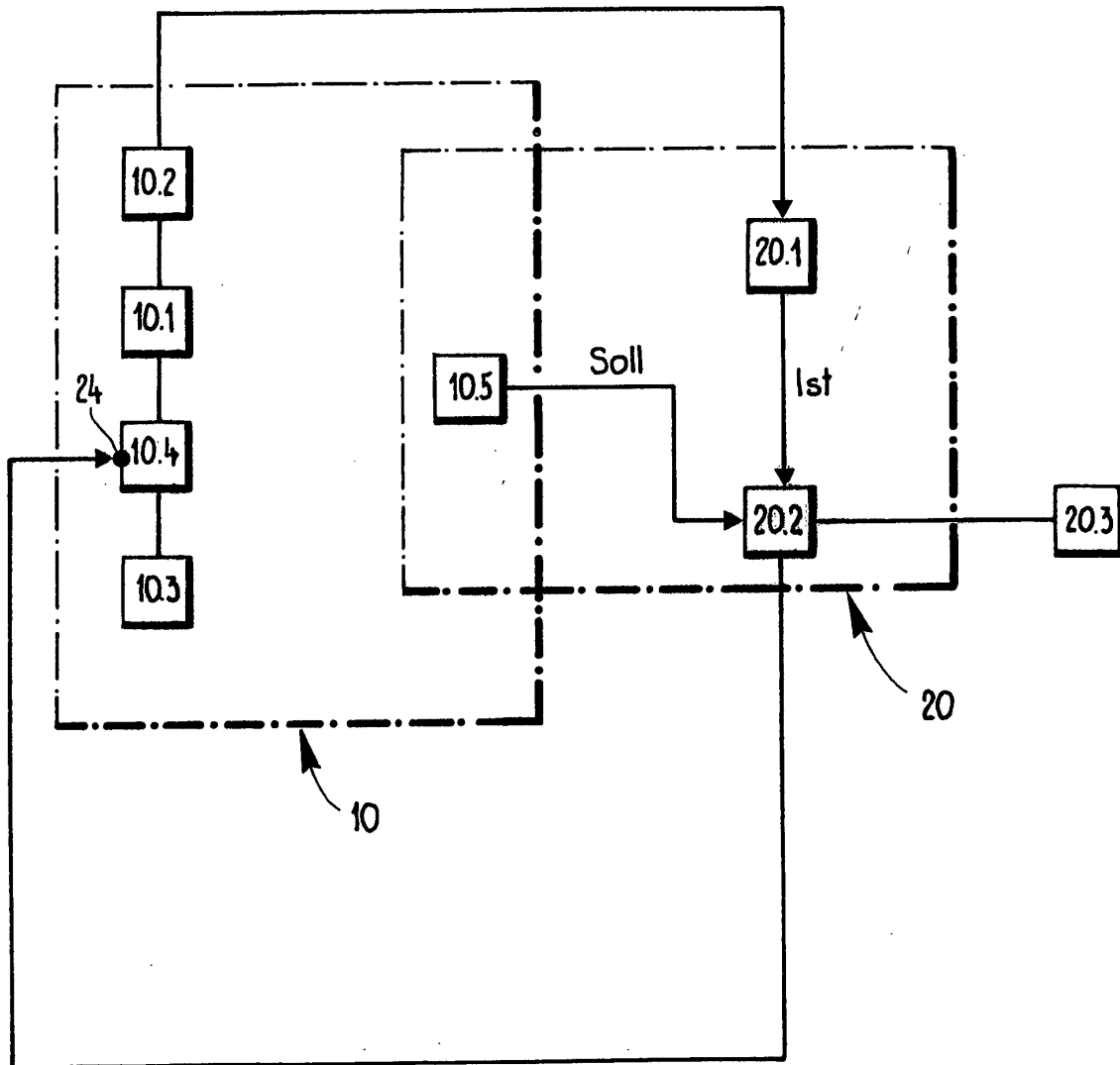


Fig. 1A

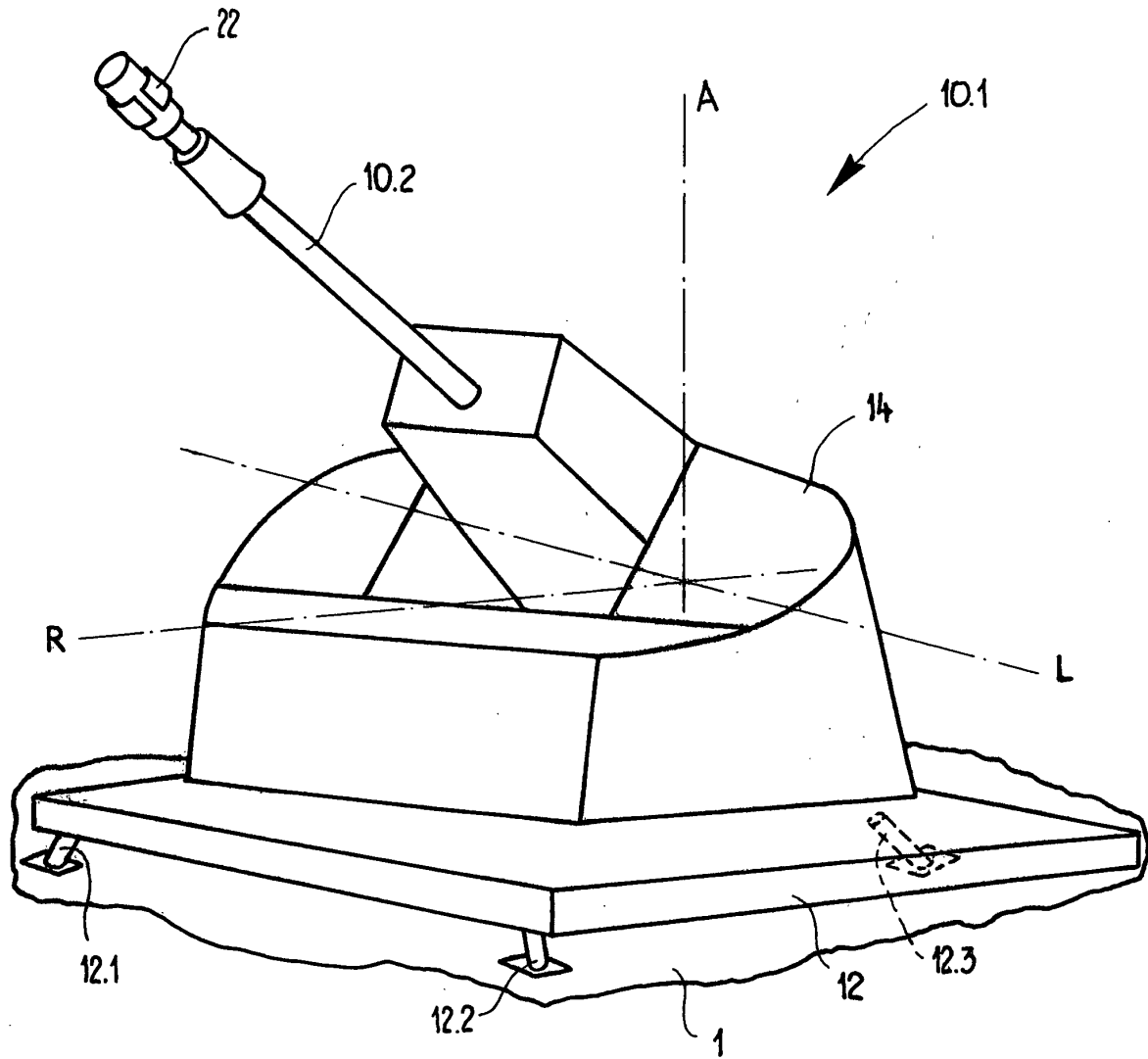
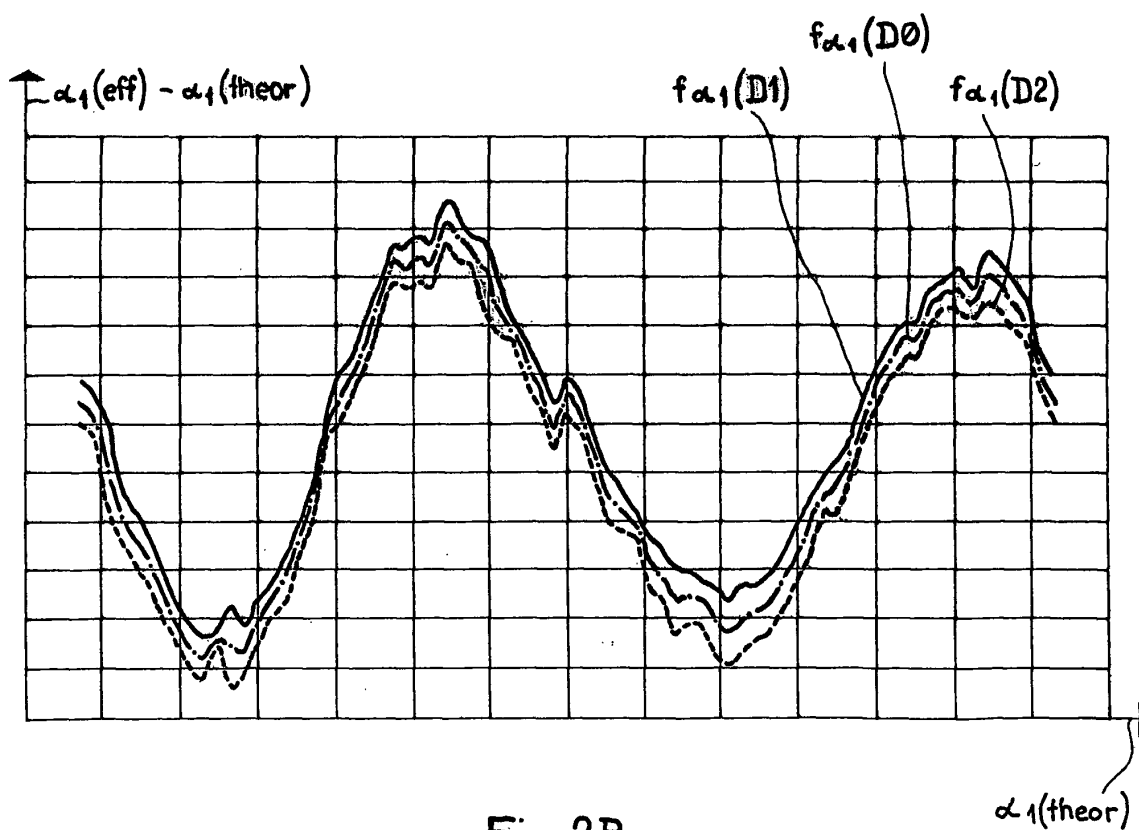
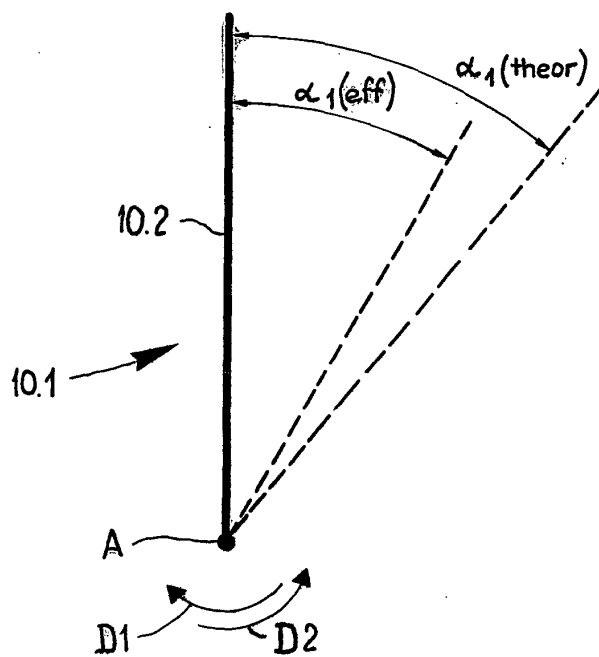


Fig.1B



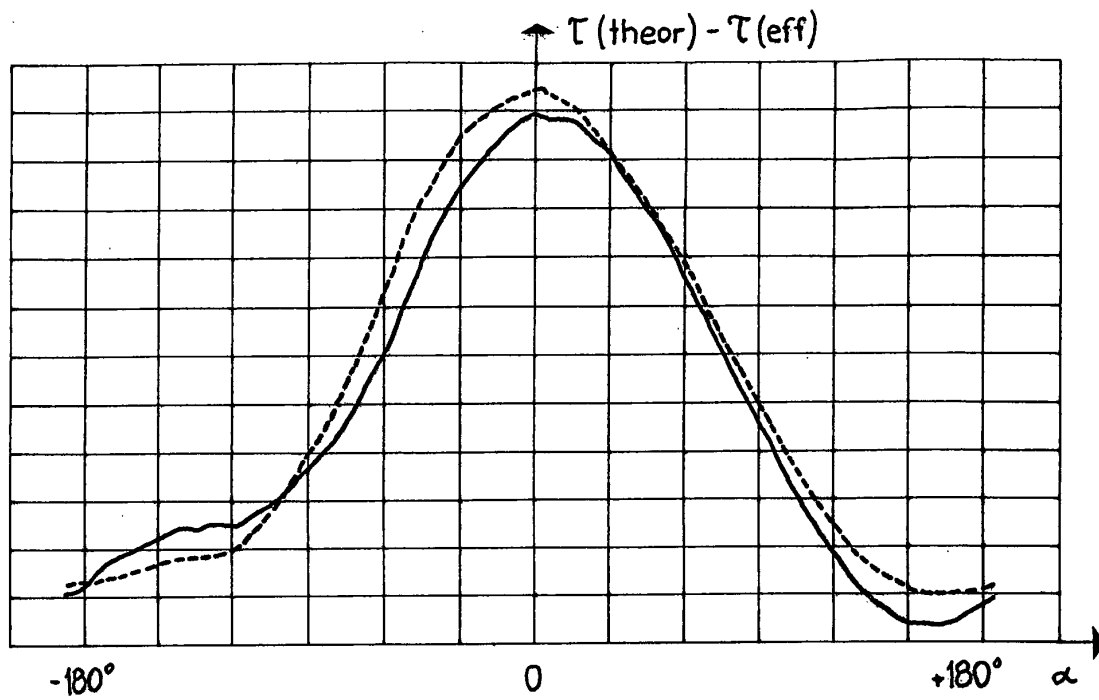


Fig.3A

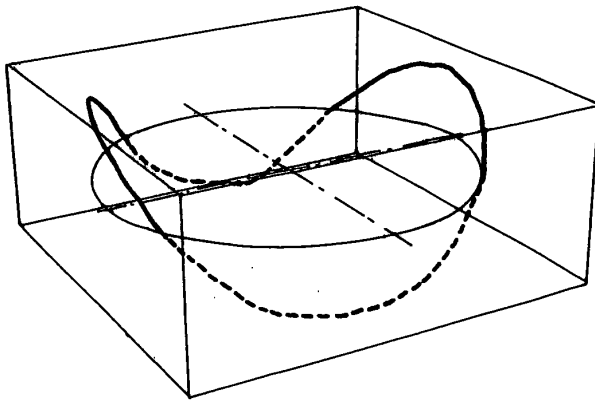
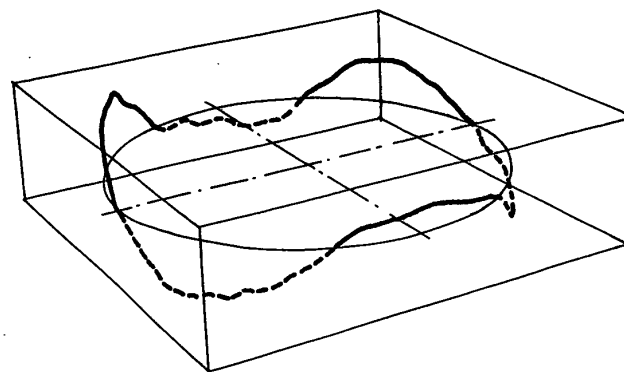
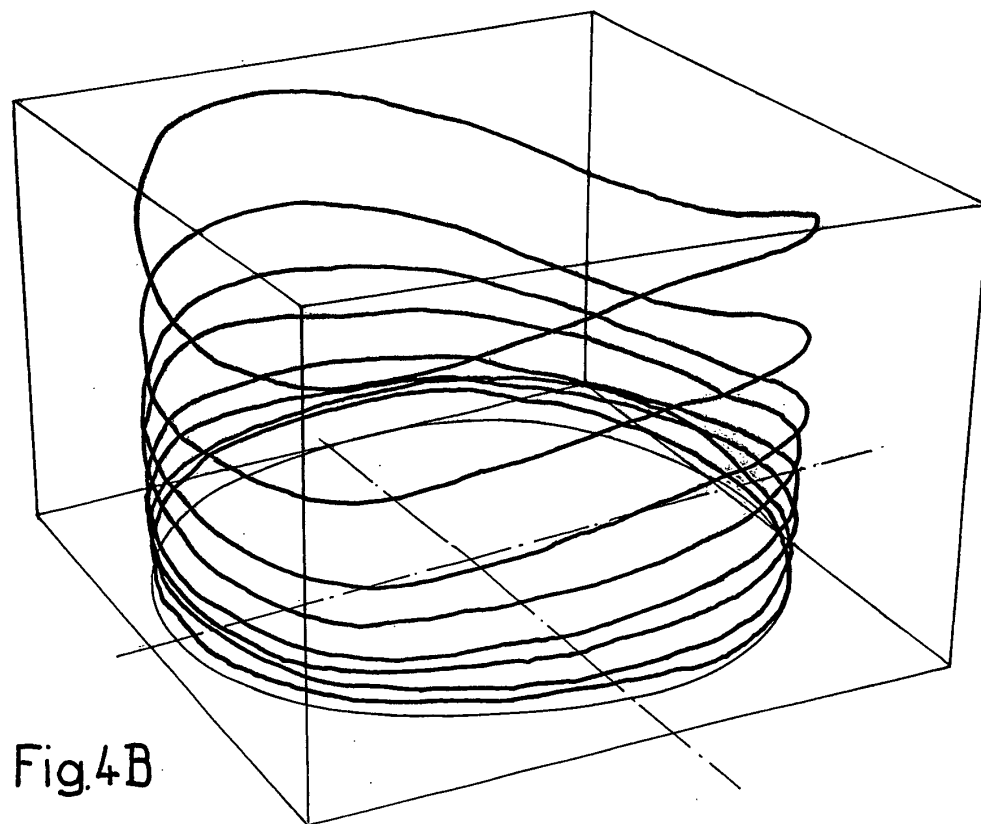
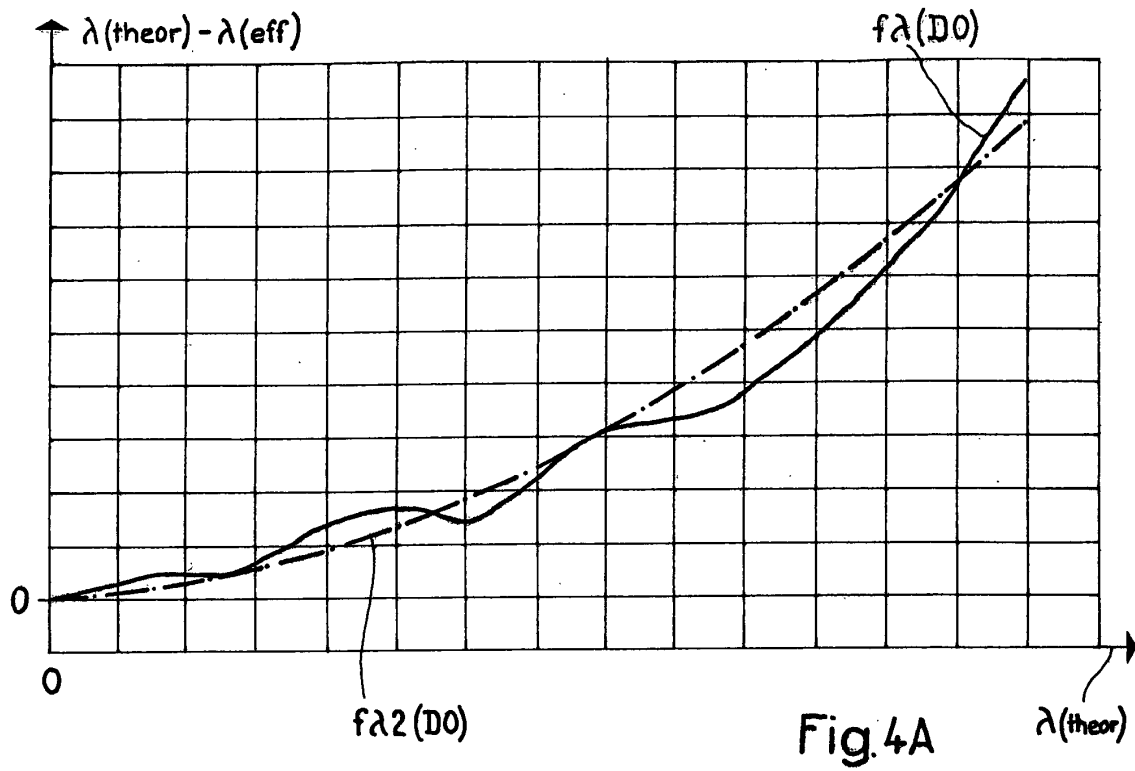


Fig.3B

Fig.3C





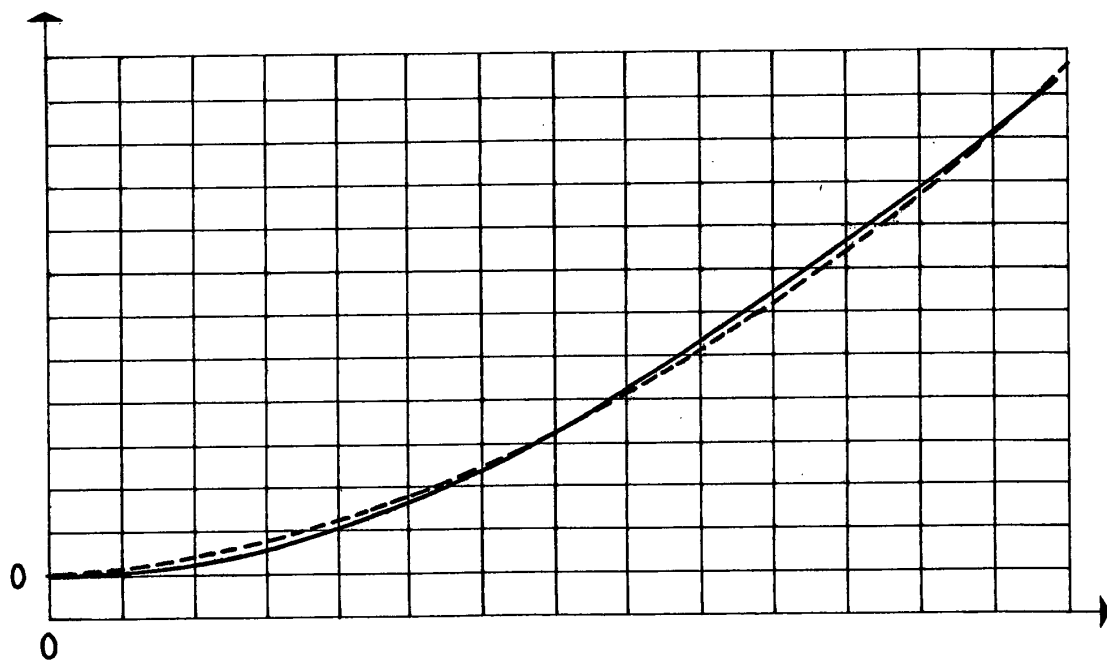


Fig.5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 02 4376

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 179 387 A (WEGMANN & CO) 30. April 1986 (1986-04-30) * Zusammenfassung * * Seite 7, Zeile 5 - Seite 11, Zeile 15; Abbildungen 1-3 * ---	1,3-5, 7-10,12, 15-17	F41G3/32
A	EP 0 095 577 A (WEGMANN & CO) 7. Dezember 1983 (1983-12-07) * Zusammenfassung * * Seite 5, Zeile 24 - Seite 10, Zeile 35; Abbildungen 1-5 * ---	1,3-5,8, 9,12,15	
A	FR 2 505 477 A (FRANCE ETAT) 12. November 1982 (1982-11-12) * Seite 4, Zeile 36 - Seite 8, Zeile 24; Abbildungen 1-3 * ---	1,4,5, 12,15	
A	DE 29 51 108 A (KRAUSS MAFFEI AG) 2. Juli 1981 (1981-07-02) * Seite 16, Zeile 5 - Seite 22, Zeile 17; Abbildungen 1-4 * ---	1,12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	US 4 142 799 A (BARTON NORMAN P) 6. März 1979 (1979-03-06) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 5, Zeile 34; Abbildungen 1-11 * -----	1,12	F41G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24. April 2003	Prüfer Blondel, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 02 4376

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-04-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0179387 A	30-04-1986	DE 3439082 A1	30-04-1986
		DE 3585263 D1	05-03-1992
		EP 0179387 A2	30-04-1986
EP 0095577 A	07-12-1983	DE 3219916 A1	01-12-1983
		DE 3379174 D1	16-03-1989
		EP 0095577 A2	07-12-1983
		ES 8402929 A1	16-05-1984
FR 2505477 A	12-11-1982	FR 2505477 A1	12-11-1982
DE 2951108 A	02-07-1981	DE 2951108 A1	02-07-1981
		AU 542094 B2	07-02-1985
		AU 6455980 A	25-06-1981
		BE 886683 A1	16-04-1981
		CA 1148732 A1	28-06-1983
		IT 1146924 B	19-11-1986
		NL 8005737 A ,B,	16-07-1981
US 4142799 A	06-03-1979	GB 1587714 A	08-04-1981
		DE 2710904 A1	29-09-1977

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82