(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 898 173 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.03.2008 Patentblatt 2008/11

(51) Int Cl.:
F41G 3/14 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **07012336.9**

(22) Anmeldetag: **23.06.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **03.08.2006 DE 102006036257**

(71) Anmelder: **Rheinmetall Defence Electronics GmbH**
28309 Bremen (DE)

(72) Erfinder: **Schröder, Reinhard**
27755 Delmenhorst (DE)

(74) Vertreter: **Dietrich, Barbara**
Thul Patentanwaltsgesellschaft mbH
Rheinmetall Platz 1
40476 Düsseldorf (DE)

(54) **Bestimmung der einzustellenden Ausrichtung einer ballistischen Waffe**

(57) Verfahren zur Bestimmung der einzustellenden Ausrichtung eines Rohres einer ballistischen Waffe (W), wobei im Feuerleitrechner der Waffe (W) mindestens eine Trajektorie (T1 - T8) des Geschosses aus vorgegebenen Parametern wie der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und den variablen Parametern Vorhalt und/oder Aufsatz des Rohres anhand eines mathematischen Modells berechnet wird und der einzustellende Vorhalt und/oder Aufsatz aus mindestens einer geeigneten Trajektorie (T1 - T8) bestimmt wird.

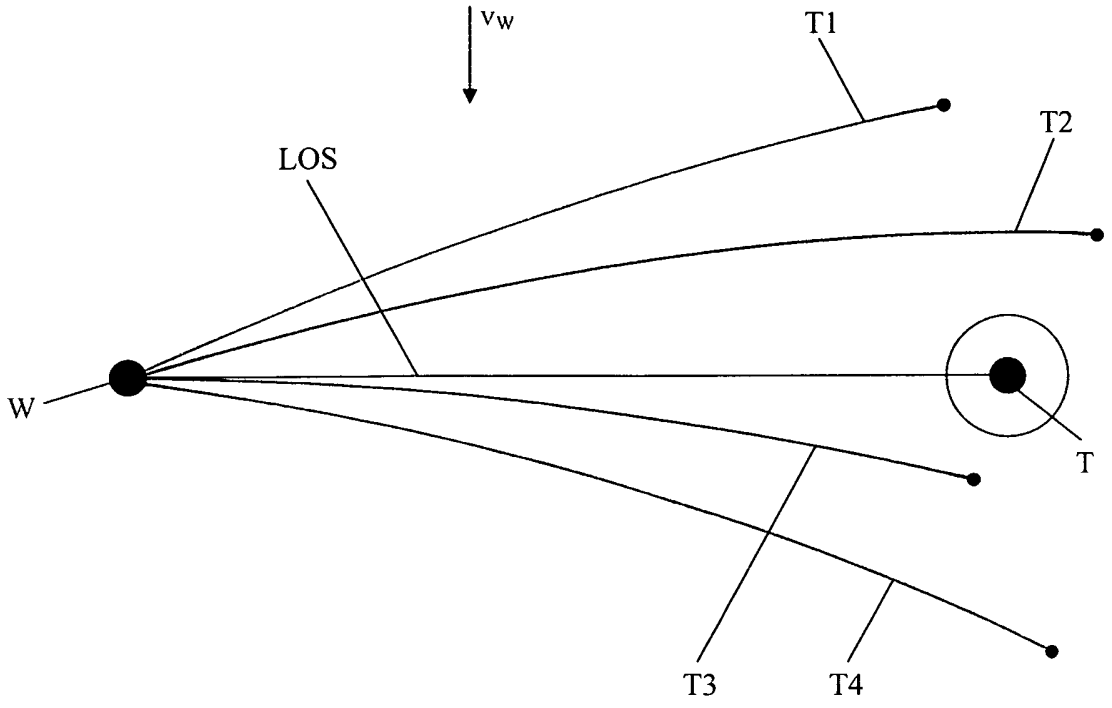

Fig. 1

EP 1 898 173 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der einzustellenden Ausrichtung eines Rohres einer ballistischen Waffe sowie einen Feuerleitrechner zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Ballistische Waffen, bei denen ein Geschoss ohne eigenen Antrieb eine im Wesentlichen parabelförmige Flugbahn beschreibt, sind beispielsweise bei Panzern oder sonstigen Anwendungen anzutreffen. Die verschossene Munition besteht zumindest aus einem Geschoss und einem Treibsatz. Die Flugbahn des Geschosses und damit dessen Auftreffpunkt sind abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, wie beispielsweise der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses, den Windverhältnissen, dem Luftdruck, der Form des Geschosses und der Ausrichtung des Rohres der Waffe. Es ist die Aufgabe des Feuerleitrechners der Waffe, Vorhalt und/oder Aufsatz der Waffe so einzustellen, dass das Geschoss bei den vorherrschenden Bedingungen das gewünschte Ziel trifft. Dabei bedeutet Vorhalt die Azimut-Ausrichtung und Aufsatz die Elevation des Rohres, beispielsweise bezogen auf die direkte Sichtlinie zwischen der Waffe und dem Ziel oder der Projektion dieser Sichtlinie auf die horizontale Ebene.

[0003] Bislang ist es üblich, für jede Kombination aus Waffe und Munition sogenannte Schusstafeln bereitzustellen. Diese Schusstafeln enthalten den Vorhalt und/oder den Aufsatz für die verschiedensten festgelegten Szenarien. Ein Szenario wird gebildet durch die vorherrschenden Bedingungen, wie sie vorstehend beschrieben wurden. Naturgemäß können die Schusstafeln nicht alle in der Realität auftretenden Szenarien enthalten. In der Praxis geschieht im Feuerleitrechner die Berechnung von Vorhalt und/oder Aufsatz daher zum Beispiel durch mehrdimensionale Interpolation der Tabellenwerte oder Approximation der Tabellen durch Polynome, deren Koeffizienten im Vorhinein berechnet wurden.

[0004] Dieses Vorgehen weist den Nachteil auf, dass der teilweise hochgradig nichtlineare Einfluss der einzelnen Parameter auf die Flugbahn des Geschosses, die auch als Trajektorie bezeichnet wird, nicht berücksichtigt wird. Dies führt zu einer verminderten Trefferwahrscheinlichkeit. Darüber hinaus müssen bei einer Veränderung der Waffe, beispielsweise der Verwendung eines Rohrs mit anderer Länge, die Schusstafeln ausgetauscht werden.

[0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie einen Feuerleitrechner bereitzustellen, bei denen die vorgenannten Nachteile nicht auftreten.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 und einen Feuerleitrechner gemäß Patentanspruch 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung der einzustellenden Ausrichtung eines Rohres einer ballistischen Waffe wird im Feuerleitrechner der Waffe mindestens eine Trajektorie des Geschosses aus vorgegebenen Parametern wie der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und den variablen Parametern Vorhalt und/oder Aufsatz des Rohres anhand eines mathematischen Modells berechnet und der einzustellende Vorhalt und/oder Aufsatz aus mindestens einer geeigneten Trajektorie bestimmt. Im Gegensatz zu den bisherigen Lösungen werden die einzustellenden Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz nicht im Vorhinein bestimmt und in einer Schusstafel hinterlegt, sondern dadurch ermittelt, dass sie als variable Parameter eines mathematischen Modells der Trajektorie des Geschosses dienen, die bei Bedarf im Feuerleitrechner der Waffe berechnet wird. Vorhalt und/oder Aufsatz werden dann aus mindestens einer geeigneten Trajektorie bestimmt. Die Trajektorien werden beispielsweise anhand mindestens einer Differentialgleichung berechnet.

[0008] Der Vorteil der Berechnung der Trajektorien im Feuerleitrechner ist eine Modularisierung, bei der für jeden Munitionstyp nur ein mathematisches Modell hinterlegt werden muss, das die Flugbahn des Geschosses unabhängig von der Waffe beschreibt. Dieses Modell berücksichtigt die Art der Waffe beispielsweise durch die systemabhängige Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses.

[0009] In einer Ausgestaltungsform der Erfindung wird im Feuerleitrechner eine Schar von Trajektorien berechnet. Vorhalt und/oder Aufsatz werden dann durch Interpolation oder Extrapolation derjenigen Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz bestimmt, deren zugehörigen Trajektorien dem zu treffenden Ziel am nächsten kommen. Dies bedeutet, dass für verschiedene Sätze der variablen Parameter Vorhalt und/oder Aufsatz Trajektorien berechnet werden. Für jede Trajektorie wird der minimale Abstand berechnet, den sie von dem zu treffenden Ziel aufweist. Aus den berechneten Trajektorien wird eine Anzahl Trajektorien ausgewählt, deren minimaler Abstand zu dem zu treffenden Ziel am geringsten ist. Die einzustellenden Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz werden durch Interpolation der Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz bestimmt, die zu den ausgewählten Trajektorien gehören. Diese Bestimmung erfolgt durch Interpolation oder Extrapolation. Die Anzahl der zur Interpolation oder Extrapolation ausgewählten Trajektorien ist beliebig.

[0010] Bevorzugt werden die zur Interpolation oder Extrapolation verwendeten Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz in Abhängigkeit des Abstandes der zugehörigen Trajektorie vom zu treffenden Ziel gewichtet. So werden beispielsweise Vorhalt und/oder Aufsatz einer zur Interpolation oder Extrapolation ausgewählten Trajektorie umso stärker gewichtet, je geringer der minimale Abstand der Trajektorie zum zu treffenden Ziel ist. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel eine Gewichtung von Vorhalt und/oder Aufsatz umgekehrt proportional zum Abstand der Trajektorie vom zu treffenden Ziel.

[0011] Die Aufstellung des mathematischen Modells, das zur Berechnung der Trajektorien dient, ist im Stand

der Technik bekannt und wird daher an dieser Stelle nicht näher ausgeführt. Die Ausgestaltung und Komplexität dieses Modells ist dem ausführenden Fachmann überlassen, beispielsweise in Abhängigkeit vom eingesetzten Feuerleitrechner. Das Modell kann insbesondere einen oder mehrere der Parameter Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses, Luftdruck, Windverhältnisse, Erdanziehung, Luftwiderstandsbeiwert (C_W-Wert) des Geschosses oder sonstige Einflüsse berücksichtigen. Erdanziehung, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung werden optional über die Flugbahn des Geschosses variierend berücksichtigt, beispielsweise abhängig von der Höhe.

[0012] Weiterhin optional berücksichtigt das mathematische Modell, ob ein flacher oder ein Steilschuss durchgeführt werden soll. Ein flacher Schuss ist beispielsweise bei Panzergeschützen üblich, ein Steilschuss beispielsweise bei Mörsern. Die Art des Schusses ist beispielsweise in Abhängigkeit der Art der Waffe im Modell fest hinterlegt oder als Parameter durch den Bediener wählbar.

[0013] In einer anderen Ausgestaltungsform der Erfindung werden unter Variation der Parameter Vorhalt und/oder Aufsatz iterativ Trajektorien berechnet, bis eine der Trajektorien das Ziel mit einer vorgegebenen maximalen Abweichung trifft. Als einzustellender Vorhalt und/oder Aufsatz wird der zu dieser Trajektorie gehörende Vorhalt und/oder Aufsatz gewählt. Die Strategie bei der Variation der Parameter Vorhalt und/oder Aufsatz ist dabei dem implementierenden Fachmann überlassen.

[0014] Weiterhin möglich ist die Kombination von Interpolation oder Extrapolation mit dem iterativen Ansatz. So wird beispielsweise der Startpunkt für die Iteration durch die vorstehend beschriebene Interpolation oder Extrapolation bestimmt.

[0015] Sowohl bei der iterativen Berechnung als auch bei der Interpolation oder Extrapolation der Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz werden in vorteilhafter Weise Anfangswerte für Vorhalt und/oder Aufsatz verwendet, die auf einem Vorwissen über den Ort des Ziels und die grundlegenden Eigenschaften der Munition beruhen. Bei der iterativen Berechnung werden diese Anfangswerte bei der Berechnung der ersten Trajektorie verwendet, bei der Interpolation oder Extrapolation für die Berechnung der Trajektorie, um die sich die anderen Trajektorien scharen. Bevorzugt werden die Anfangswerte anhand einer Funktion geschätzt, beispielsweise auf Basis der Sichtlinie und/oder der Entfernung der Waffe vom Ziel sowie den Eigenschaften der Munition. Alternativ werden die Anfangswerte von Bediener der Waffe vorgegeben oder zufällig gewählt. Optional wird durch die Wahl der Anfangswerte vorgegeben, ob ein flacher oder ein Steilschuss durchgeführt werden soll.

[0016] In einer Ausgestaltungsform der Erfindung sind Informationen, wie die Art und/oder der Luftwiderstandsbeiwert der Munition, in der Munition hinterlegt. Diese Informationen werden von der Waffe zur Berechnung der Trajektorien ausgelesen. Dies hat den Vorteil, dass die in der Munition gespeicherten Informationen automatisch als Parameter für die Berechnung der Trajektorie verwendet werden und eine manuelle Eingabe nicht notwendig ist.

[0017] Erfindungsgemäß weist ein Feuerleitrechner für eine ballistische Waffe zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens eine Recheneinheit zur Berechnung von Trajektorien eines Geschosses aus vorgegebenen Parametern, wie der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und den variablen Parametern Vorhalt und/oder Aufsatz des Rohres, anhand eines mathematischen Modells und zur Bestimmung des einzustellenden Vorhaltes und/oder Aufsatzes aus mindestens einer geeigneten Trajektorie auf. Bevorzugt richtet der Feuerleitrechner das Rohr entsprechend der ermittelten Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz aus.

[0018] In einer Ausgestaltungsform der Erfindung weist der Feuerleitrechner eine Leseeinrichtung zum Auslesen von in der Munition gespeicherten Informationen auf. Der Vorteil einer derartigen Ausgestaltung des Feuerleitrechners wurde bereits vorstehend anhand des Verfahrens erläutert. Bei der Leseeinrichtung handelt es sich beispielsweise um einen RFID-Leser.

[0019] Die vorliegende Erfindung soll anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Dabei zeigt:

Figur 1 Trajektorien bei Bestimmung von Vorhalt und/oder Aufsatz durch Interpolation und

Figur 2 Trajektorien bei Bestimmung von Vorhalt und/oder Aufsatz durch Iteration.

[0020] Die Figuren 1 und 2 zeigen eine Projektion von Trajektorien in die horizontale Ebene. W bezeichnet die ballistische Waffe, deren Rohr derart auszurichten ist, dass ein abgefeuertes Geschoss das Ziel T trifft. V_W bezeichnet die herrschende Windrichtung, LOS die Sichtlinie zwischen der Waffe W und dem Ziel T. In den vorliegenden Ausführungsbeispielen wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, dass sich die Waffe W und das Ziel T auf gleicher Höhe befinden. Dementsprechend handelt es sich hier bei der Sichtlinie LOS um eine horizontale Linie.

[0021] Die Punkte auf den Trajektorien T1 bis T8 kennzeichnen denjenigen Punkt auf der jeweiligen Trajektorie, der den geringsten Abstand zum Ziel T aufweist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Fortführung der Trajektorien über diesen Punkt hinaus verzichtet. In den vorliegenden Ausführungsbeispielen ist mit Abstand die Länge der direkten räumlichen Verbindungslinie zwischen zwei Punkten gemeint.

[0022] Ein beispielsweise kugelförmiger Bereich um das Ziel T herum, in den Projektionen in den Figuren 1 und 2 als Kreis dargestellt, wird dem Ziel zugeordnet. Verläuft eine Trajektorie durch diesen Bereich, so gilt das Ziel als getroffen.

[0023] In dem anhand von Figur 1 dargestellten Aus-

führungsbeispiel berechnet der Feuerleitrechner der Waffe W die Trajektorien T1 bis T4 des Geschosses aus vorgegebenen Parametern und den variablen Parametern Vorhalt und Aufsatz des Rohres anhand eines mathematischen Modells. Vorgegebene Parameter sind beispielsweise die Entfernung und/oder der Höhenunterschied zwischen der Waffe W und dem Ziel T, die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, die Erdanziehung, der Luftwiderstandsbeiwert des Geschosses oder der Luftdruck. Es ist dem implementierenden Fachmann überlassen, welche der vorstehend genannten oder weiteren Parameter das Modell berücksichtigt. Für die variablen Parameter werden anhand einer Funktion Anfangswerte aus der Sichtlinie LOS geschätzt.

[0024] Aus der Schar der Trajektorien T1 bis T4 werden die Trajektorien T2 und T3 ausgewählt, da sie dem zu treffenden Ziel T am nächsten kommen. Die einzustellenden Werte für Vorhalt und Aufsatz werden durch Interpolation aus den Werten für Vorhalt und Aufsatz bestimmt, die zu den Trajektorien T2 und T3 geführt haben.

[0025] Bei der Berechnung der Trajektorie T2 wurden der Vorhalt zu V2 und der Aufsatz zu A2 gewählt. Analog wurden bei der Berechnung der Trajektorie T3 der Vorhalt V3 und der Aufsatz A3 verwendet. Der minimale Abstand der Trajektorie T2 vom Ziel T ist im vorliegenden Beispiel doppelt so groß wie der minimale Abstand der Trajektorie T3 vom Ziel T. Bei der Interpolation werden daher die Werte V2 und A2 mit 1/3 und die Werte V3 und A3 mit 2/3 gewichtet. Der einzustellende Vorhalt ergibt sich damit zu 1/3 * V2 + 2/3 * V3, der einzustellende Aufsatz zu 1/3 * A2 + 2/3 * A3. Eine beliebige andere Gewichtung ist möglich.

[0026] Anhand von Figur 2 wird im Folgenden die iterative Bestimmung der einzustellenden Werte für Vorhalt und Aufsatz erläutert. Zuerst berechnet der Feuerleitrechner der Waffe W die Trajektorie T5 aus vorgegebenen Parametern, wie sie vorstehend bei der Berechnung durch Interpolation bereits erläutert wurden, und dem Wert V5 für den Vorhalt und dem Wert A5 für den Aufsatz anhand des für die iterative Berechnung bereits beschriebenen mathematischen Modells. Die Anfangswerte V5 und A5 werden beispielsweise zufällig gewählt, von dem Bediener der Waffe W vorgegeben, mittels einer Funktion aus der Sichtlinie LOS geschätzt oder wie vorstehend beschrieben durch Interpolation oder Extrapolation ermittelt.

[0027] Die Trajektorie T5 trifft das Ziel T nicht mit einer vorgegebenen maximalen Abweichung, die durch den Kreis um das Ziel T dargestellt ist. Daher wird in einem nächsten Iterationsschritt eine Trajektorie T6 aus dem Vorhalt V6 und dem Aufsatz A6 berechnet. Die Strategie bei der Variation der Parameter Aufsatz und Vorhalt ist dabei dem implementierenden Fachmann überlassen. Auch die Trajektorie T6 trifft das Ziel T nicht mit der geforderten Genauigkeit. In einem dritten Iterationsschritt wird daher die Trajektorie T7 aus dem Vorhalt V7 und dem Aufsatz A7 berechnet. Auch diese verfehlt das Ziel T knapp. In einem vierten Iterationsschritt wird die Trajektorie T8 aus dem Vorhalt V8 und dem Aufsatz A8 berechnet. Die Trajektorie T8 trifft das Ziel T mit der vorgegebenen maximalen Abweichung. Für die Ausrichtung des Rohrs der Waffe W werden somit der Vorhalt V8 und der Aufsatz A8 verwendet.

[0028] Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen sind in vielerlei Hinsicht möglich. Insbesondere kann die Anzahl der bei den Ausprägungen des Verfahrens verwendeten Trajektorien von denen in den Ausführungsbeispielen abweichen. Die Gewichtung der Werte für Vorhalt und Aufsatz bei der Interpolation kann von der dargestellten Gewichtung abweichen. Auch wenn in den Ausführungsbeispielen Vorhalt und Aufsatz gleichzeitig bestimmt wurden, umfasst die vorliegende Erfindung auch die getrennte Bestimmung der Parameter oder die Bestimmung nur eines der Parameter.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der einzustellenden Ausrichtung eines Rohres einer ballistischen Waffe (W), wobei im Feuerleitrechner der Waffe (W) mindestens eine Trajektorie (T1 - T8) des Geschosses aus vorgegebenen Parametern wie der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und den variablen Parametern Vorhalt und/oder Aufsatz des Rohres anhand eines mathematischen Modells berechnet wird und der einzustellende Vorhalt und/oder Aufsatz aus mindestens einer geeigneten Trajektorie (T1 - T8) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Feuerleitrechner eine Schar von Trajektorien (T1 - T4) berechnet wird und Vorhalt und/oder Aufsatz durch Interpolation oder Extrapolation derjenigen Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz bestimmt werden, deren zugehörige Trajektorien (T2, T3) dem zu treffenden Ziel (T) am nächsten kommen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur Interpolation oder Extrapolation verwendeten Werte für Vorhalt und/oder Aufsatz in Abhängigkeit des Abstandes der zugehörigen Trajektorie (T2, T3) vom zu treffenden Ziel gewichtet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter Variation der Parameter Vorhalt und/oder Aufsatz iterativ Trajektorien (T5 - T8) berechnet werden, bis eine der Trajektorien (T8) das Ziel (T) mit einer vorgegebenen maximalen Abweichung trifft, und dass der zu dieser Trajektorie (T8) gehörende Vorhalt und/oder Aufsatz gewählt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trajektorien (T1 - T8) anhand mindestens einer Differentialgleichung berechnet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** Informationen wie die Art und/oder der Luftwiderstandsbeiwert der Munition in der Munition hinterlegt sind und von der Waffe (W) zur Berechnung der Trajektorien (T1 - T8) ausgelesen werden.

7. Feuerleitrechner für eine ballistische Waffe zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend eine Recheneinheit zur Berechnung von Trajektorien (T1 - T8) eines Geschosses aus vorgegebenen Parametern wie der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und den variablen Parametern Vorhalt und/oder Aufsatz des Rohres anhand eines mathematischen Modells und zur Bestimmung des einzustellenden Vorhaltes und/oder Aufsatzes aus mindestens einer geeigneten Trajektorie (T1 - T8).

8. Feuerleitrechner nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** eine Leseeinrichtung zum Auslesen von in der Munition gespeicherten Informationen.

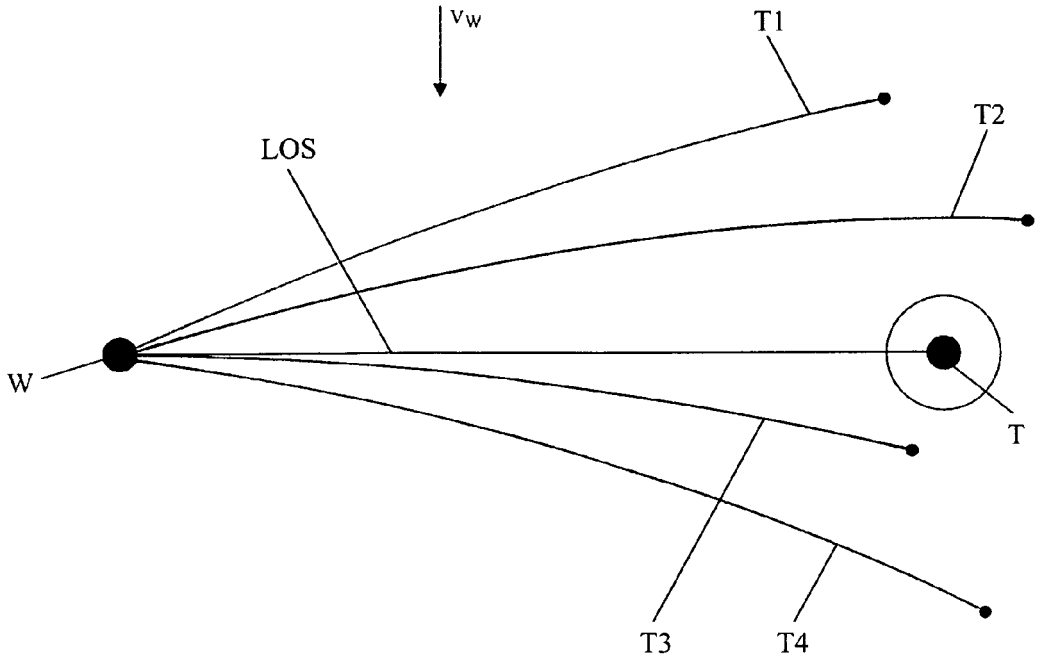

Fig. 1

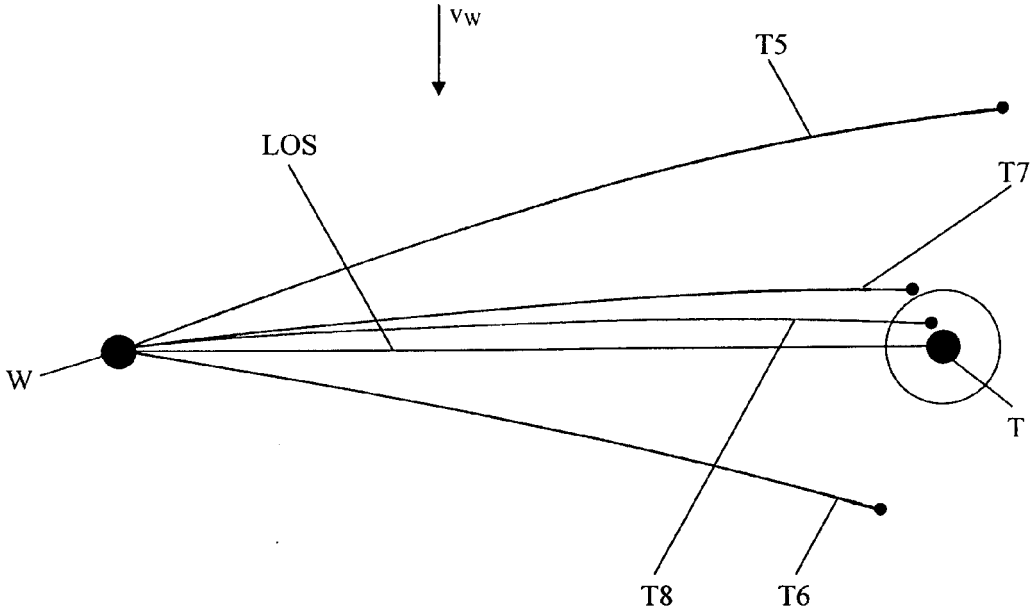

Fig. 2