



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 007 403 A1** 2008.08.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 007 403.6**

(22) Anmeldetag: **12.02.2007**

(43) Offenlegungstag: **21.08.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F41H 11/02** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG, 80997
München, DE**

(74) Vertreter:

**Feder, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 40545
Düsseldorf**

(72) Erfinder:

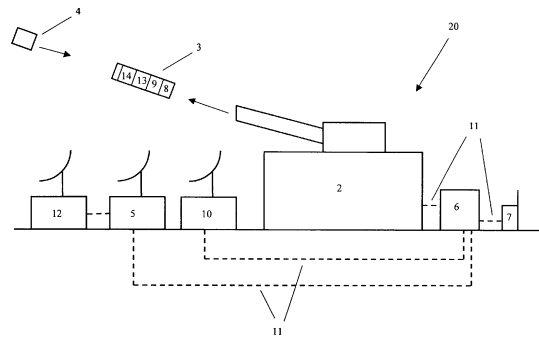
Simon, Alexander, 34121 Kassel, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper (4), wobei der Angriffsmunitionskörper (4) mittels mindestens einer Ortungseinrichtung (5, 12) geortet wird, wobei die Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird, wobei eine Feuerleitlösung zum Abfeuern eines Abwehrmunitionskörpers (3) mit Splitterwirkung, insbesondere ein Sprenggeschoss, ermittelt wird, wobei mittels einer großkalibrigen Waffe (2), insbesondere eine Waffe mit einem Kaliber von mindestens 76 mm, der Abwehrmunitionskörper (3) abgefeuert wird und wobei der Abwehrmunitionskörper (3) nach dem Abfeuern tempierbar und/oder fernzündbar ist und nach dem Abfeuern in einem Zündzeitpunkt T_z zündet oder ferngezündet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper. Fliegende Angriffsmunitionskörper können insbesondere Raketen sowie Artillerie- und Mörsergeschosse (sogenannte RAM-Bedrohung) oder Marschflugkörper, Flugzeuge und Fallschirmobjekte u. Ä. darstellen.

[0002] Es sind Verfahren bekannt, bei welchen versucht wird, Objekte gegen fliegende Angriffsmunitionskörper dadurch zu schützen, dass Abwehrmunitionskörper mit Splitterwirkung in Richtung des zuvor georteten Angriffsmunitionskörpers abgefeuert werden, um diesen vor dem Einschlagen zu bekämpfen. Bei Zündung des Abwehrmunitionskörpers wird dieser, insbesondere die Hülle, in eine Vielzahl von Splittern zerlegt, die durch die Explosion zusätzlich beschleunigt werden. Die Ausbreitung der Splitter erfolgt in der Regel kegelförmig. Wenn der Angriffsmunitionskörper auf einen Splitter trifft, kann er unter der Voraussetzung, dass der Splitter eine ausreichende Größe und eine ausreichende Geschwindigkeit aufweist, um durch die Hülle des Angriffsmunitionskörpers zu dringen, wirksam bekämpft werden.

[0003] Ein solches Verfahren mitsamt den zur Ortung erforderlichen Radargeräten wird beispielsweise in der DE 44 26 014 B4, der DE 100 24 320 C2, der EP 1 518 087 B1 und der DE 600 12 654 T2 beschrieben. Es werden in der Regel Splittergranaten als Abwehrmunitionskörper eingesetzt, die mit einem Werfer abgefeuert werden. Eine Munition mit Splitterwirkung wird beispielsweise in der DE 100 25 105 B4 und in der DE 101 51 897 A1 beschrieben. Als Ortungseinrichtungen zur Ortung und Verfolgung des Angriffsmunitionskörpers sowie zur Ermittlung der Flugbahnparameter des Angriffsmunitionskörpers werden Nahbereichsradare, Fernbereichsradare und optische Sensoren eingesetzt.

[0004] Bei den bekannten Verfahren umfassen die zu schützenden Objekte vor allem Fahrzeuge und Einrichtungen im Nahbereich der abfeuernden Waffe. Als Nahbereich wird hierbei ein Umkreis von wenigen 100 m bis maximal 500 m verstanden. Im darüber hinaus gehenden Fernbereich können die Verfahren nicht eingesetzt werden. Dies liegt u. a. darin begründet, dass die in den Verfahren verwendeten typischen Splittergranatenwerfer nur in der Lage sind, Granaten mit einer Abfeuergeschwindigkeit von wenigen 100 m/s abzufeuern. Diese können damit nur im Nahbereich wirksam sein, da mit wachsender Entfernung die Geschwindigkeit und somit die Energie des Abwehrmunitionskörpers, welche die Energie der Splitter beeinflussen und welche somit für eine erfolgreiche Bekämpfung der Angriffsmunitionskörper notwendig sind, stark abnimmt.

[0005] Die bekannten Verfahren sind somit nachteilig, da sie nicht oder nur unter sehr großem Aufwand zum Schutz von räumlich ausgedehnten Objekten eingesetzt werden können. Um beispielsweise ein Feldlager der Fläche einiger Quadratkilometer zu schützen, müsste eine sehr große Anzahl an Wernern aufgestellt werden. Ferner sind bei den bekannten Verfahren die verwendeten Abwehrmunitionskörper nur gegen spezielle Angriffsmunitionskörper wirksam, beispielsweise gegen Panzerabwehrmunition oder gegen Flugkörper, so dass ein Schutz gegen alle Angriffsmunitionskörper nicht gegeben ist.

[0006] Zudem ist eine Bekämpfung im Nahbereich nachteilig, da diese die Gefahr mit sich führt, dass durch die Bekämpfung selbst, beispielsweise durch Splitter, eine Beschädigung der zu schützenden Objekte erfolgt. Ferner kann das Problem auftreten, dass bei einer nicht erfolgreichen Bekämpfung die Zeit eines weiteren Versuchs der Bekämpfung zu kurz ist.

[0007] Nachteilig an den bekannten Verfahren ist außerdem, dass die Splittergranaten vor dem Abfeuern tempiert werden, d. h. der Zündzeitpunkt wird vor dem Abfeuern festgelegt und der Splittergranate mitgegeben. Nachteilig hierbei ist, dass u. a. auf Grund der Toleranzen der Waffe, der Treibladung und der Munition eine Streuung der Schussentwicklungszeit, welche die Zeit vom Schließen der Kontakts zum Zünden der Anzündpatrone oder – bei Haubitzen – bis zum Austritt des Geschosses aus der Mündung umfasst, bzw. der ballistischen Streuung vorliegt, so dass der festgelegte Zeitpunkt mit großer Wahrscheinlichkeit nicht der optimale Zeitpunkt für die Zündung ist, da beispielsweise der Abwehrmunitionskörper im Zeitpunkt der Zündung weit von dem Angriffsmunitionskörper entfernt sein kann. Tolerierbare Ergebnisse lassen sich somit wiederum nur im Nahbereich erzielen, da bei der Bekämpfung im Fernbereich Ungenauigkeiten, beispielsweise ein Winkelfehler, zu deutlich höheren absoluten Abweichungen der Distanz zwischen Angriffsmunitionskörper und Abwehrmunitionskörper im Zündzeitpunkt führen.

[0008] Bekannt ist ferner eine Ausgestaltung, bei welcher der Abwehrmunitionskörper einen Annäherungszünder aufweist. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass die Einstellung des richtigen Auslöse-Abstandes kritisch ist. Ferner kann der Angriffsmunitionskörper sehr klein sein, wohingegen der ermittelte wahrscheinliche Auftent-

haltsraum wegen der Ungenauigkeiten der Sensorik und der Streuungen groß sein kann, so dass eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Versagen des Annäherungszündens vorliegt. Zudem kann die aktive Sensorik, wie ein aktives Radar, oder die passive Sensorik, wie eine Infrarotsensorik, des Annäherungszünder vom Gegner gestört werden, wodurch eine Zündung verhindert werden kann.

[0009] Die EP 1 742 010 A1 beschreibt ein nicht letales Geschoss mit einem programmier- und/oder temperierbaren Zünder. Die nicht letale Munition kann hierbei u. a. durch elektromagnetische Impulse, Farbe, chemische Reizstoffe, Nebel oder Ähnliches wirken. Allen Anwendungen ist gleich, dass durch das Geschoss insbesondere keine Personen zu schaden kommen sollen. Aus diesem Grund wird ein temperierbarer Zünder verwendet, damit nicht durch das Vorhandensein von Geschossteilen die Nichtletalität aufgehoben wird.

[0010] Die DE 10 2005 024 179 A1 beschreibt ohne Angabe der konkreten Anwendungsfälle ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Tempierung und/oder Korrektur des Zündzeitpunktes eines Geschosses. Hierbei wird die Geschwindigkeit eines Geschosses nach dem Abfeuern gemessen. Durch die Messung wird auf die Mündungsgeschwindigkeit geschlossen, welche anschließend zur Einstellung und/oder Korrektur der Zündzeit verwendet wird. Nachteilig an dem Verfahren ist insbesondere, dass weitere Parameter, die einen Einfluss auf den Zündzeitpunkt haben, nicht berücksichtigt werden.

[0011] Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren, welches wirkungsvoll zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper eingesetzt werden kann, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

[0012] Die Erfindung löst die Aufgabe verfahrensmäßig mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 14 und vorrichtungsmäßig mit den Merkmalen der Patentansprüche 25 und 31. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Bestandteil der abhängigen Ansprüche.

[0013] Es ist ein Grundgedanke der Erfindung, nach der Ortung eines Angriffsmunitionskörpers durch mindestens eine Ortungseinrichtung die Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers zu bestimmen. Je schneller und genauer die Flugbahn bestimmt wird, um so wahrscheinlicher ist eine erfolgreiche Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers. Die Ortungseinrichtung, welche mindestens einen Sensor (z. B. Radar, aktiv und/oder passiv optoelektronisch) umfasst, sollte zu ausreichend vielen Zeitpunkten Koordinaten und/oder Geschwindigkeit des Angriffsmunitionskörpers liefern, so dass insbesondere über die Ermittlung des ballistischen Koeffizienten c des Angriffsmunitionskörpers die Bestimmung der Flugbahn möglich ist. Die Ortungseinrichtung ist vorzugsweise georeferenziert zur Waffe angeordnet.

[0014] In einer bevorzugten Ausgestaltung erfasst die Ortungseinrichtung zu bestimmen diskreten Zeitpunkten die Koordinaten des Angriffsmunitionskörpers. Daraus kann durch Differenzbildung die Geschwindigkeit des Angriffsmunitionskörpers ermittelt werden, z. B. indem die Geschwindigkeitsdifferenz des Angriffsmunitionskörpers zu zwei oder mehr Zeitpunkten durch die jeweils verstrichene Zeit dividiert wird. Die Verringerung der Geschwindigkeit des Angriffsmunitionskörpers ist ein Maß für seinen spezifischen Luftwiderstand. Aus diesem spezifischen Luftwiderstand kann der ballistische Koeffizient c des Angriffsmunitionskörpers ermittelt werden. Damit ist es möglich, die Bewegungsdifferentialgleichungen des Außenballistik des Angriffsmunitionskörpers aufzustellen und zu lösen. Dies liefert im Ergebnis die Bahn des Angriffsmunitionskörpers sowie seinen Einschlagpunkt und Abschussort.

[0015] Es wird des Weiteren insbesondere mittels eines Feuerleitrechners, welcher innerhalb einer Feuerleitstelle angeordnet sein kann, eine erste Feuerleitlösung zum Abfeuern eines Abwehrmunitionskörpers, insbesondere eines Sprenggeschosses, ermittelt. Dann wird der Abwehrmunitionskörper gemäß dieser Feuerleitlösung mit einer großkalibrigen Waffe abgefeuert. Die Waffe weist hierbei ein Kaliber von mindestens 76 mm auf, vorzugsweise von 120 mm oder 155 mm. Solch großkalibrige Waffen weisen eine große Reichweite und eine hohe erzielbare Mündungsgeschwindigkeit der Abwehrmunitionskörper auf, so dass auch im Fernbereich ein Bekämpfen des Angriffsmunitionskörpers erreicht werden kann. Vorzugsweise weist die verwendete Waffe eine hohe Präzision insbesondere hinsichtlich der Ausrichtbarkeit auf.

[0016] Die Verwendung von großen Kalibern ist gegenüber der Verwendung von Kleinkalibern ferner deshalb vorteilhaft, da bei Kleinkalibern die Splitter ihre Energie vornehmlich aus der Bahngeschwindigkeit beziehen, da auf Grund des Volumens in der Regel nur eine Zerlegerladung in einem kleinkalibrigen Abwehrmunitionskörper eingebaut werden kann. Mit wachsender Entfernung nimmt die Geschwindigkeit und Energie des Abwehrmunitionskörpers jedoch stark ab. Bei Großkalibern kann dagegen eine HE-Ladung verwendet werden, aus der die Splitter vor allem ihre Energie beziehen, so dass diese Energie unabhängig von der Flugweite ist.

Somit kann erreicht werden, dass auch beim Schutz größerer Objekte die Abwehrmunitionskörper im Nah- und Fernbereich, sowie gegen das härteste angreifende Objekt gleichermaßen wirksam sind. Die Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers sollte spätestens in einer Entfernung von mindestens 800 m erfolgt sein. Eine Bekämpfung kann jedoch auch in deutlich größeren Entfernungen, beispielsweise in einer Entfernung von 3000 m, stattfinden, wobei bei größeren Entfernungen die Bekämpfungswahrscheinlichkeit abnimmt.

[0017] Der Abwehrmunitionskörper wird bei einer ersten erfindungsgemäßen Ausgestaltung nach dem Abfeuern in einem Zeitpunkt T_z zünden oder direkt ferngezündet. Bei einer zweiten erfindungsgemäßen Ausgestaltung weist der Abwehrmunitionskörper lediglich einen Annäherungszünder auf, der die Zündung des Abwehrmunitionskörpers initiiert, wenn der Angriffsmunitionskörper im Wirkungsbereich des splitterwirkenden Abwehrmunitionskörpers liegt.

[0018] Bei der ersten erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist der genaue Zündzeitpunkt T_z vor allem im Fernbereich wesentlich für die Wirksamkeit der Bekämpfung, da bereits kleine Abweichungen auf Grund der hohen Geschwindigkeiten und großen Entfernungen zu großen Abweichungen zwischen dem vorausgesagten und dem tatsächlichen Zündort führen können. Aus diesem Grund wird ein Abwehrmunitionskörper verwendet, der nach dem Abfeuern tempierbar und/oder fernzündbar ist.

[0019] Der Abwehrmunitionskörper kann eine Empfangseinheit zum Empfangen von Signalen aufweisen, die von einer Sendeeinheit, welche insbesondere an den Feuerleitrechner angeschlossen ist, gesendet wurden. Falls die Zündung des Abwehrmunitionskörpers ferngesteuert, insbesondere funkgesteuert, ist, kann der ermittelte Zündzeitpunkt T_z dazu verwendet werden, zu diesem Zeitpunkt den Abwehrmunitionskörper zu zünden. Die Empfangseinheit empfängt in diesem Fall Fernsteuersignale, die über eine insbesondere programmierbare Zündsteuereinheit zur Zündung führen. Da allerdings auch die Übertragung von der Sende- zur Empfangseinheit eine nicht exakt vorhersagbare Zeit benötigt, werden in einer bevorzugten Ausgestaltung eine ausreichende Zeit vor der Zündung Tempiersignale, welche den ermittelten Zündzeitpunkt T_z enthalten, an die Empfangseinheit des Abwehrmunitionskörpers übermittelt. Die Zündsteuereinheit zündet dann den Abwehrmunitionskörper zu dem vorgegebenen Zündzeitpunkt, wobei bei dieser Ausgestaltung auf eine direkte Fernzündung verzichtet werden kann. Eine erhöhte Sicherheit kann hierbei erreicht werden, wenn der Empfang des Zündzeitpunkts T_z vom Abwehrflugkörper beispielsweise an die Feuerleitstelle bestätigt wird, so dass der korrekte Empfang des richtigen Zündzeitpunkts T_z sichergestellt ist.

[0020] Vorteilhafterweise wird die Ermittlung des Zündzeitpunkts T_z nach dem Abfeuern des Abwehrmunitionskörpers erfolgen. Insbesondere kann somit der weitere Flugbahnverlauf des Angriffsmunitionskörpers berücksichtigt werden. Des Weiteren kann auch die Bewegung des Abwehrflugkörpers bei der Ermittlung des optimalen Zündzeitpunkts T_z berücksichtigt werden. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn die Geschwindigkeit v_M des Abwehrmunitionskörpers und die Richtung in einem bestimmten Zeitpunkt T_M , mittels mindestens einer Messeinrichtung ermittelt wird. Hierbei kann durch sie die Referenz für das raumfeste Koordinatensystem der ballistischen Berechnungen gebildet werden.

[0021] In einer Ausführung kann die Geschwindigkeit v_M die Mündungsgeschwindigkeit v_0 sein, wobei hierbei die Messeinrichtung insbesondere eine Spule umfassen kann, die insbesondere im Bereich der Mündungsöffnung des Waffenrohres der Waffe angeordnet ist. Eine Spule zur Messung der Mündungsgeschwindigkeit eines Projektils wird beispielsweise in der EP 1 482 311 A1 prinzipiell beschrieben.

[0022] In einer anderen Ausführung stellt der Zeitpunkt T_M einen Zeitpunkt dar, in dem der Abwehrmunitionskörper die Waffe bereits verlassen hat. Die Messeinrichtung kann hierbei insbesondere eine Radarvorrichtung umfassen. Um bei dieser Ausführung nicht unnötig Zeit zu verlieren, kann die Messeinrichtung richtbar ausgeführt sein und bereits und im Zeitpunkt des Abfeuerns des Abwehrmunitionskörpers in die Richtung der Abfeuerung gerichtet sein. Dies kann beispielsweise durch eine Kopplung zwischen der Waffe und der Messeinrichtung erreicht werden.

[0023] Die ermittelte Geschwindigkeit v_M und die Richtung im Zeitpunkt T_M können bei der Ermittlung des Zeitpunkts T_z der Zündung des Abwehrmunitionskörpers berücksichtigt werden. Es kann somit die tatsächliche, zeitabhängige Flugbahn des Abwehrflugkörpers genauer bestimmt werden, so dass eine höhere Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung erzielt wird. Es sollte deshalb eine Messeinrichtung mit einer hohen Genauigkeit verwendet werden. Insbesondere wird eine Messeinrichtung verwendet, deren Standardabweichung bei der Geschwindigkeitsbestimmung geringer als 0,5 m/s ist. Ferner sollten auch die Signallaufzeiten kurz gehalten werden, wobei vorzugsweise echtzeitfähige Komponenten verwendet werden sollten.

[0024] Die Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z kann derart erfolgen, dass der Zeitpunkt ermittelt wird, in dem eine hohe, vorzugsweise die größte Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung vorliegt, und die sich insbesondere aus dem Produkt der Treffwahrscheinlichkeit, die angibt, ob ein Splitter den Angriffsmunitionskörper trifft, mit der Zerstörungswahrscheinlichkeit, die angibt, ob dieser Splitter in der Lage ist, die Hülle des Angriffsmunitionskörpers zu zerstören, ergibt. Diese Bekämpfungswahrscheinlichkeit ist somit abhängig von verschiedenen Parametern. Je mehr Parameter bei der Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z berücksichtigt werden, um so besser ist die Vorhersage.

[0025] Es können die Messungen und Ermittlungen der Messeinrichtung und der Ortungseinrichtung fehlerbehaftet sein, beispielsweise können Ungenauigkeiten bei der Zeitmessung, der Ermittlung der Geschwindigkeit, bei der Winkelbestimmung und der Entfernungsmessung auftreten. Wenn diese Toleranzen bekannt sind, sollten sie berücksichtigt werden, da sie in ähnlicher Weise wie ballistische Streuungen, also beispielsweise Abweichungen von Azimut und Elevation der Waffe, sowie der Schussentwicklungszeit, einen Einfluss auf den wahrscheinlichen Aufenthaltsort des Angriffs- und des Abwehrmunitionskörper haben.

[0026] Auch die Art des Angriffsmunitionskörpers, insbesondere dessen Härte, kann einen Einfluss auf den optimalen Zündzeitpunkt T_z haben. Die militärische Härte eines Angriffsmunitionskörpers hängt im Wesentlichen von seiner Wandstärke ab. Insbesondere besteht eine positive Korrelation zwischen Kaliber und Wandstärke, d. h. größere Kaliber haben in der Regel auch eine größere Wandstärke und sind somit militärisch härter. Insofern sollte der Zündzeitpunkt bei einer großen Härte des Angriffsmunitionskörpers eher spät erfolgen, so dass zwar die Treffwahrscheinlichkeit geringer dafür aber die Zerstörungswahrscheinlichkeit auf Grund der größeren kinetischen Energie größer ist, um somit eine hohe Bekämpfungswahrscheinlichkeit zu erreichen.

[0027] Zudem ist auch die Art des Abwehrmunitionskörpers, insbesondere dessen Eigenschaften wie Splittermatrix, welche die räumliche Verteilung der Splitter nach Zahl und Größe umfasst, Splitterkegelaufbauzeit und Ungenauigkeiten der Tempierzeit, d. h. die Streuung der Zeit der tatsächlichen durch die Zündsteuereinheit initiierten Zündung bei eingestelltem Zündzeitpunkt, von Bedeutung. Ferner können die Schussentwicklungszeit des Abwehrmunitionskörpers sowie die ballistische Streuung den Zündzeitpunkt T_z beeinflussen.

[0028] Die Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z sollte so schnell wie möglich erfolgen, weil die Zeit zwischen dem Abfeuern und der Zündung des Abwehrmunitionskörpers kurz ist. Die Flugzeit bei einer Bekämpfungsentfernung von z. B. 1000 m liegt bei typischen Geschossgeschwindigkeiten nur in der Größenordnung von 1 s und in diesem Zeitraum sollen die Geschwindigkeit v_M des Abwehrmunitionskörpers gemessen, eine erneute Feuerleitlösung und daraus der Zündzeitpunkt T_z berechnet und die Daten an den Zünder übertragen werden. Daher sind schnelle Algorithmen zur Berechnung der Feuerleitlösung erforderlich.

[0029] Aus diesem Grund sollte auf ein analytisches Verfahren zurückgegriffen werden.

[0030] Hinzu kommt der Aspekt der Datenübertragung zwischen verschiedenen Systemkomponenten, beispielsweise zwischen den Ortungseinrichtungen, Feuerleitrechner, Messeinrichtung, Sende- und Empfangseinrichtung und Zündsteuereinheit. Somit sollte neben einem echtzeitfähigen Betriebssystem des Feuerleitrechners und echtzeitfähigen Bussystemen jede einzelne Komponente für eine schnelle Übertragung der Daten ausgelegt sein.

[0031] In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Abwehrmunitionskörper zusätzlich einen Annäherungszünder auf. Vorteilhaft hierbei ist, dass in dem Fall, in dem der ermittelte Zündzeitpunkt tatsächlich zu spät war, eine gewisse Chance besteht, dass der Abwehrmunitionskörper vorher mittels des Annäherungszünders initiiert wird.

[0032] Bei der zweiten erfindungsgemäßen Ausgestaltung weist der Abwehrmunitionskörper als Zünder lediglich einen Annäherungszünder auf. Dieser initiiert die Zündung, wenn sich der Abwehrmunitionskörper in einer insbesondere einstellbaren Entfernung zum Angriffsmunitionskörper befindet. Dies ist für eine wirksame Bekämpfung in den Fällen ausreichend, in denen die Streuungen des Systems derart klein sind, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit der Angriffsmunitionskörpers in den Wirkungsbereich des splitterwirkenden Abwehrmunitionskörpers gelangt.

[0033] Zur Ermittlung der Flugbahn kann bei beiden Ausführungen zunächst der ballistische Koeffizient des Angriffsmunitionskörpers, der sich maßgeblich aus dem Verhältnis von Querschnittsfläche zu Masse des Angriffsmunitionskörpers bestimmt, ermittelt werden. Mit dessen Hilfe können die Bewegungsgleichungen der Außenballistik des Angriffsmunitionskörpers aufgestellt und analytisch oder numerisch gelöst werden. Durch

eine Vorwärtsrechnung kann somit der Auftreffort des Angriffsmunitionskörpers und die Daten für die Ermittlung der Feuerleitlösung zur Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers ermittelt werden. Ferner kann der Abschussort des Angriffsmunitionskörpers durch eine Rückwärtsrechnung ermittelt werden.

[0034] Eine Grundidee des Verfahrens zur Ermittlung des ballistischen Koeffizienten und der Flugbahn ist, dass der Luftwiderstand, der den Angriffsmunitionskörper während des Fluges abbremst, aus der Abnahme dessen kinetischer Energie bestimmt wird. Hierbei lässt sich diese massebezogene Luftwiderstandskraft aus der Differenz zweier massebezogener kinetischer Energien bezogen auf die dabei zurückgelegte Wegstrecke bestimmen.

[0035] Die kinetische Energie des Angriffsmunitionskörpers an einem Ort der Flugbahn lässt sich aus deren Geschwindigkeit berechnen, wobei die Geschwindigkeit wiederum aus zwei Radarortmessungen (Ort und Zeit) bestimmt werden kann. Der Luftwiderstand wird dabei durch den ballistischen Koeffizienten repräsentiert. Dieser ist im wesentlichen von der Geschwindigkeit, der Geschossgeometrie und atmosphärischen Eigenschaften abhängig. Durch Kenntnis des ballistischen Koeffizienten können die Bewegungsgleichungen für den Angriffsmunitionskörper numerisch gelöst werden und damit die Flugbahn ausgehend von einem aus zwei Radarmessungen gemittelten Ort die Flugbahn berechnet werden. Liegen Geländeinformationen vor, lassen sich durch Vergleich der berechneten Flugbahn mit dem Geländeprofil in einem geeigneten Referenzsystem die geografischen Koordinaten (Länge, Breite, Höhe) des Abschusspunktes des Angriffsmunitionskörpers bzw. des Treffpunktes mit dem Abwehrmunitionskörper bestimmen.

[0036] Es sind somit nur vier Messungen, insbesondere reine Entfernungsmessungen entlang einer Achse, vorzugsweise dem Radarstrahl, zur Bestimmung der Flugbahn ausreichend, da zum einen zur Berechnung der kinetischen Energie an einem Ort der Flugbahn wie zuvor ausgeführt zwei Radarortmessungen erforderlich sind. Um den benötigten ballistischen Koeffizienten c bestimmen zu können, muss zum anderen die kinetische Energie in einem weiteren Ort bekannt sein, so dass zwei weitere Messungen notwendig sind. Dadurch, dass die Ortungseinrichtung nur vier Messpunkte aufnehmen muss, ist das Verfahren hinreichend schnell.

[0037] Ein Vorteil des vorgestellten Verfahrens liegt zum einen in der hohen Genauigkeit der berechneten Flugbahn und damit des prognostizierten Treffpunktes bzw. Abschussortes des Angriffsmunitionskörpers. Zum anderen ermöglicht das Verfahren, aus dem Formelwerk mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung die notwendigen Sensorgenauigkeiten festlegen zu können, um Frühwarn- und Flugabwehrsysteme mit bestimmten Eigenschaften auszustatten und deren Eignung zu prüfen. Dies kann durch die spezielle Form der Bewegungsdifferentialgleichungen, der Trennung des Luftwiderstandskoeffizienten in fixe und variable Anteile und durch Anwendung einer spezifischen Referenzfunktion für dessen geschwindigkeitsabhängigen Anteil erreicht werden. Somit kann erreicht werden, dass mit dem Verfahren nur der tatsächlich vom Angriffsmunitionskörper abhängige Anteil bestimmt wird, wodurch außerdem eine Klassifikation ermöglicht wird.

[0038] Die Klassifikation des georteten Angriffsmunitionskörpers kann mittels des ballistischen Koeffizienten durchgeführt werden. Dem liegt zu Grunde, dass der ballistische Koeffizient für eine Art von Angriffsmunitionskörper stets in einem konstanten engen Bereich liegt. Bei Kenntnis dieser Wertebereiche, die beispielsweise durch Auswertung von Schusstafeln gewonnen werden können, lässt sich für einen bestimmten Koeffizienten eine Angriffsmunitionskörperart zuordnen.

[0039] Die erste ermittelte Feuerleitlösung, nach welcher der Abwehrmunitionskörper abgefeuert wird, ist vorzugsweise derart dimensioniert, dass der Ausgleich von Toleranzen der verwendeten, Sensoren beinhaltenden Ortungs- und Messeinrichtung und der verwendeten, Effektoren beinhaltenden Waffe und Abwehrmunitionskörper durch den nach dem Abfeuern ermittelten Zündzeitpunkt T_z möglich ist.

[0040] Durch die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Bekämpfens kann auch der Munitionsbedarf, d. h. die Art und die Anzahl der Abwehrmunitionskörper sowie die erforderliche Dislozierung festgelegt werden. Bei einem Einsatz zum Schutz eines Feldlagers kann zudem bei der Planung ermittelt werden, wie die Waffen disloziert werden sollten, um einen wirksamen Schutz gegen verschiedene Angriffsszenarien zu erhalten.

[0041] Die Abwehrmunitionskörper können gemäß dem ermittelten Munitionsbedarf abgefeuert werden, solange nicht die erfolgreiche Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers erkannt wird. Hierbei kann entweder eine Waffe mehrere Abwehrmunitionskörper abfeuern oder es können mehrere Waffen verwendet werden. Es können in diesem Zusammenhang verschiedene Konfidenzniveaus einer wahrscheinlich zu erwartenden erfolgreichen Bekämpfung angegeben werden. Bei einem hohen Konfidenzniveau wird auch eine hohe Wahr-

scheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung angestrebt. Aus diesem Grund kann die Anzahl oder die Art der Abwehrmunitionskörper entsprechend dem gewünschten Konfidenzniveau angepasst werden, um somit die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung zu beeinflussen. Bei der Bestimmung des Munitionsbedarfes ist es zudem vorteilhaft, die bereits oben zur Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z genannten Parameter zu berücksichtigen, also vorzugsweise die Berücksichtigung von Messungenauigkeiten der Messeinrichtung, insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung, Messungenauigkeiten der Ortungseinrichtung, insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung, Art des Angriffsmunitionskörpers, insbesondere dessen Härte, Art des Abwehrmunitionskörpers, insbesondere dessen Eigenschaften wie Splittermatrix, Splitterkegelaufbauzeit, Ungenauigkeiten der Tempierzeit, Schussentwicklungszeit des Abwehrmunitionskörpers und ballistische Streuung.

[0042] Als vorteilhafter Sicherheitsaspekt kann vorgesehen werden, dass der Abwehrmunitionskörper vor dem Abfeuern auf einen Zeitpunkt T_{vor} vortempiert ist, der zeitlich vor dem durch die vor dem Abfeuern ermittelte Feuerleitlösung vorausgesagten Zeitpunkt T_B liegt, in dem der Abwehrmunitionskörper bei Nichtzündungen auf den Boden trifft. Somit wird sichergestellt, dass beispielsweise in dem Fall, in dem die Übertragung des Zündzeitpunkts oder die Fernsteuersignale nicht richtig übertragen wurden, der Abwehrmunitionskörper vor dem Auftreffen auf dem Boden zündet, so dass keine Personen oder Einrichtungen am Boden zu Schaden kommen. Damit die Zündung jedoch nicht zu früh erfolgt, insbesondere nicht vor dem Zeitpunkt, in dem die Signale vom Abwehrmunitionskörper empfangen werden, kann vorgesehen werden, dass der Zeitpunkt T_{vor} zeitlich nach dem Zeitpunkt T_A liegt, der durch den durch die vor dem Abfeuern ermittelte Feuerleitlösung vorausgesagten Zündzeitpunkt T_z des Abwehrmunitionskörpers bestimmt ist.

[0043] Um eine hohe Genauigkeit bei der Bestimmung der Flugbahnparameter des Angriffsmunitionskörpers mit geringem Aufwand zu erreichen, können nach der ersten Ortung des Angriffsmunitionskörpers durch die Ortungseinrichtung die Ortungsdaten an eine zweite Ortungseinrichtung, insbesondere ein Zielfolgeradargerät, übergeben werden, welche die Messung der für die Bestimmung der Flugbahn notwendigen Größen durchführt. Als erste Ortungseinrichtung kann hierbei ein Rundsuchradar eingesetzt werden.

[0044] Da die Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers bekannt ist, kann eine Warnung, beispielsweise eine akustische Warnung, für den Bereich des durch die ermittelte Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers ermittelten Auftreffpunktes am Boden abgegeben werden, so dass in diesem Bereich vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden können, um für den Fall vorbereitet zu sein, dass die Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers nicht erfolgreich war.

[0045] Vorteilhaft ist ferner, wenn aus der ermittelten Flugbahn des ersten georteten Angriffsmunitionskörpers auf dessen Abschussort geschlossen wird, so dass vorzugsweise mit der gleichen Waffe, die den Angriffsmunitionskörpers bekämpft, auch der Angreifer, der oftmals weit entfernt sein kann, bekämpft werden kann.

[0046] Mögliche Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 10](#) erläutert. Es zeigen:

[0047] [Fig. 1](#) ein Feldlager mit vier Waffen zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper in einer schematischen Darstellung,

[0048] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm zum Ablauf des Verfahrens,

[0049] [Fig. 3](#) ein 3D-Koordinatensystem zur Radarortgeometrie,

[0050] [Fig. 4](#) eine 2D-Projektion der Radarortgeometrie nach [Fig. 3](#),

[0051] [Fig. 5](#) ein weiteres Koordinatensystem zur Radarortgeometrie,

[0052] [Fig. 6](#) ein Koordinatensystem zur Geometrie des Splitterkegels,

[0053] [Fig. 7](#) ein Koordinatensystem zur Geometrie des Splitterkegels mit Ellipsenzylinder,

[0054] [Fig. 8](#) ein Diagramm zum Munitionsbedarf zur erfolgreichen Bekämpfung bei einem Konfidenzniveau von 50%,

[0055] [Fig. 9](#) ein Diagramm zum Munitionsbedarf zur erfolgreichen Bekämpfung bei einem Konfidenzniveau von 99%, und

[0056] [Fig. 10](#) eine Vorrichtung zum Schutz gegen Angriffsmunitionskörper in einer schematischen Darstellung.

[0057] Das Verfahren und die Vorrichtung werden zum Schutz eines räumlich ausgedehnten Feldlagers **1** mit viereckiger Grundfläche nach [Fig. 1](#) eingesetzt. Es wird in jeder Ecke des Feldlagers eine Vorrichtung **20** aufgestellt, die schematisch in [Fig. 10](#) dargestellt ist. Sie weist eine Waffe **2**, die Abwehrmunitionskörper **3** mit Splitterwirkung abfeuern kann, eine erste Ortungseinrichtung **12**, eine zweite Ortungseinrichtung **5**, eine Messeinrichtung **10**, eine Signalsendeeinheit **7** und einen Feuerleitreechner **6** auf. Die Waffe **2**, die Ortungseinrichtung **5**, die Messeinrichtung **10** und die Signalsendeeinheit **7** sind über Datenleitungen **11** mit dem Feuerleitreechner **6** verbunden. Für eine optimale Bekämpfung sind die Ortungseinrichtung **5** und die Waffe **2** räumlich nah zu dislozieren. Der Abwehrmunitionskörper **3** beinhaltet eine Zündsteuereinheit **9**, eine Signalempfangeinheit **8**, einen Zünder **13** und eine Sprengladung **14**. Durch die Anordnung im Bereich der Ecken des Feldlagers **1** kann vermieden werden, im Verlauf der Bekämpfung von Angriffsmunitionskörpern **4** mit den Abwehrmunitionskörpern **3** über das Feldlager **1** zu schießen. Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung von mehreren Waffen **2** besteht darin, dass die Wahrscheinlichkeit einer frontaler Bekämpfung mit möglichst kleinem Auftreffwinkel steigt, die auf Grund der hohen Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Angriffsmunitionskörpern **4** und Splittern vorteilhaft ist.

[0058] Der Bekämpfungsablauf ist gemäß [Fig. 2](#) wie folgt:

- I. Ortung des Angriffsmunitionskörpers **4** mit einer ersten Ortungseinrichtung **12**;
- II. Übergabe der Zieldaten an eine zweite Ortungseinrichtung **5** und Zielverfolgung;
- III. Berechnung der Feuerleitlösung durch den Feuerleitreechner **6**;
- IV. Klassifikation des Angriffsmunitionskörpers **4**;
- V. Richten der Waffe **2**;
- VI. Abfeuern des Abwehrmunitionskörpers **3**, um eine Bekämpfung in der gewünschten Entfernung durchzuführen;
- VII. Messung der Abwehrmunitionskörpergeschwindigkeit v_M und Übermittlung der Daten an den Feuerleitreechner **6**;
- VIII. Berechnung einer korrigierten Feuerleitlösung und Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z ;
- IX. Fernübermittlung des Zündzeitpunkts T_z an die Zündsteuereinheit **9**, (alternativ: direkte Fernauslösung des Zünders **13**)
- X. Zündung der Sprengladung **14**, Ausbildung des Splitterkegels

[0059] Es wird generell angemerkt, dass die Reihenfolge der vorgestellten Schritte nicht zwangsläufig der angegebenen Reihenfolge entsprechen muss. So kann beispielsweise die Klassifikation des Angriffsmunitionskörpers **4** auch nach dem Richten der Waffe **2** durchgeführt werden.

Zu I.

Ortung des Angriffsmunitionskörpers **4** mit einer ersten Ortungseinrichtung **12**:

[0060] Als erste Ortungseinrichtung **12** wird ein bekanntes Rundsuchradar verwendet.

[0061] Als Angriffsmunitionskörper **4** wird exemplarisch ein Mörsergeschoss (82 mm) aus Gusseisen mit der Masse von 3,31 kg und einer Wandstärke von ca. 9 mm bis 10 mm betrachtet, welches mit einer Abschussgeschwindigkeit von 211 m/s in einer Entfernung von 3040 m unter einem Winkel von 45° abgefeuert wurde.

Zu II.

Übergabe der Zieldaten an eine zweite Ortungseinrichtung **5** und Zielverfolgung:

[0062] Nach der Ortung durch die erste Ortungseinrichtung **12** werden die Zieldaten an eine als Zielfolgeradar ausgestaltete, zweite Ortungseinrichtung **5** zur weiteren Verfolgung des Ziels übergeben. Diese zweite Ortungseinrichtung **5** umfasst ein Radarsystem, welches einen Radarsensor der Bezeichnung MWRL-SWK umfasst. Diese ist ein russisches Luftraumüberwachungsradar für Flugplätze mit einer Radarreichweite von 1 km bis 250 km, Standardabweichung in Azimut und Elevation von 0,033°, Standardabweichung bei der Entfernungsmessung von 10 m, Standardabweichung bei der Zeitbestimmung von 66,7 ns und einer Winkelge-

schwindigkeit von 18°/s bis 90°/s.

[0063] Zum Zweck der Festlegung des Fehlerbudgets der zweiten Ortungseinrichtung **5** werden an dieser Stelle die Grundlagen der Ortungsmessungen angegeben, um anhand der Messgrößen eines Impulsradars Azimut α , Elevation ε sowie der Zeit t den Radarort des Angriffsmunitionskörpers **4** berechnen zu können. Alternativ wird für ein Radargerät mit rotierender Antenne die Radarwinkelgeschwindigkeit zur Berechnung dreier Radarorte genutzt.

[0064] Die Koordinaten des Ortes des Angriffsmunitionskörpers **4** ($i = 1 \dots 4$) werden anhand der Ortungstrigonometrie gemäß der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) bestimmt (Gl. 1a und Gl. 1b):

$$x_i = \frac{z_{AP} - x_{AP} \tan \psi}{\tan \alpha_i - \tan \psi}$$

$$z_i = x_i \tan \alpha_i$$

mit α_i als dem Azimutwinkel des Angriffsmunitionskörpers **4** vom Radar, x_{AP} und z_{AP} als Koordinaten des Abschusspunktes sowie ψ als Azimut der Schusslinie gegenüber der Abszisse des Referenzsystems.

[0065] Die y -Koordinate eines Radarortes i wird aus dem Abstand des Ortes des Angriffsmunitionskörpers **4** vom Radar R und der Elevation des Radarstrahls ε bestimmt (Gl. 2a und Gl. 2b): $y_i = R_i \tan \varepsilon$

$$R_i = \sqrt{x_i^2 + z_i^2}$$

[0066] Der horizontale Abstand des Radarortes vom Abschusspunkt (Gl. 3)

$$x_{R_i} = \sqrt{(x_i - x_{AP})^2 + (z_i - z_{AP})^2}$$

wird genutzt, um die dem Radarort entsprechende Flugzeit des Angriffsmunitionskörpers **4** und die Höhenkoordinate des Radarortes y_i aus der Lösung des Differentialgleichungssystems zu berechnen. Damit lässt sich dann der gesuchte Elevationswinkel des Radars bestimmen (Gl. 4):

$$\varepsilon_i = \arctan \frac{y_i}{\sqrt{x_i^2 + z_i^2}}, i = 1 \dots 4$$

[0067] Im Fall eines Radargeräts mit rotierender Antenne seien der erste Azimutwinkel des Ortes des Angriffsmunitionskörpers **4** und damit dessen Koordinaten durch Gl. 1 vorgegeben, so dass sich die drei folgenden Radarorte aus der Radarwinkelgeschwindigkeit ω (Gl. 5)

$$t_i = t_1 + \frac{2\pi}{\omega}(i - 1), i = 1 \dots 4$$

sowie der Distanz Abschusspunkt-Radarort ergeben (Gl. 6a und Gl. 6b):

$$x_i = (x_{R_i} - x_{R_{i-1}}) \cos \psi + x_{i-1}$$

$$z_i = (x_{R_i} - x_{R_{i-1}}) \sin \psi + z_{i-1}$$

mit $i = 2 \dots 4$.

[0068] Die gesuchten Azimutwinkel werden wie folgt berechnet (Gl. 7):

$$\alpha_i = \arctan \frac{z_i}{x_i}, i = 2 \dots 4$$

[0069] Die Elevationswinkel ε_i ergeben sich aus Gl. 4.

Berechnung der Feuerleitlösung durch den Feuerleitrechner 6:

[0070] Um eine erste Feuerleitlösung zu ermitteln, müssen zunächst die Bewegungsgleichungen des Angriffsmunitionskörpers 4 gelöst werden.

[0071] Die Bewegungsgleichungen des zu bekämpfenden Geschosses 4 werden aus dem Schwerpunktsatz abgeleitet, wobei das Geschoss 4 als Punktmasse betrachtet wird und vereinfachend auf dieses als äußere Kräfte ausschließlich der Luftwiderstand und die Gravitationskraft wirken. Sie werden in der wegabhängigen Form angewendet (Gl. 8a bis 8d):

$$v'_x = \frac{dv_x}{dx} = -c_2(Ma) v(x) K_y$$

$$p' = \frac{dp}{dx} = -\frac{g}{v_x(x)^2}$$

$$y' = \frac{dy}{dx} = p(x)$$

$$t' = \frac{dt}{dx} = \frac{1}{v_x(x)}$$

mit:

v:	Geschwindigkeit
v_x :	Geschwindigkeitskomponente in x-Richtung
$c_2(Ma)$:	Luftwiderstandskoeffizient, von der Mach'schen Zahl und dem ballistischen Koeffizienten abhängig
K_y :	Faktor zur Korrektur der Geschwindigkeit für die Höhe
y:	Weg in y-Richtung
x:	Weg in x-Richtung
p:	$\tan\theta$
g:	Erdbeschleunigung
t:	Zeit
Θ :	Schusswinkel.

[0072] Der Koeffizient $c_2(Ma)$ setzt sich aus einem geschossabhängigen, einem empirischen geschwindigkeitsabhängigen und einem atmosphärischen Anteil zusammen: $c_2(Ma) = f_1(c) \cdot f_2(c_{Ma}) \cdot f_3(c_a)$. Der geschossabhängige Anteil $f_1(c)$ beinhaltet den ballistischen Koeffizienten $c = A/m$. Der geschwindigkeitsabhängige Anteil $f_2(c_{Ma})$ liegt als Referenzfunktion vor, die experimentell bestimmt oder nach bekannten Verfahren berechnet wurde und für ballistische Geschosse angewendet werden kann. Der dritte Anteil $f_3(c_a)$ hängt von den atmosphärischen Bedingungen ab (u. a. Luftdruck, Temperatur) und kann z. Bsp. für kurze Schussweiten mit geringen Höhen als konstant angesehen werden. Bei Bedarf können in diesen Anteil Korrekturen für die Standardwerte von Temperatur und Luftdruck hinzugefügt werden.

[0073] Das Differentialgleichungssystem zur Beschreibung der Geschossbewegung wird mit üblichen numerischen Verfahren gelöst. Durch Vorwärtsintegration wird der Auftreffort im Ziel bestimmt. Die Rückwärtsrechnung ergibt den Abschussort. Dazu ist der Luftwiderstandskoeffizient $c_2(Ma)$ als Eingangsparameter erforderlich.

[0074] Der vorerst unbekannt ballistische Koeffizient c des Geschosses 4 ist somit der entscheidende Parameter, um ausgehend von einem aus Radarmessungen bestimmten Geschossort B durch iterative numerische Lösung der Gleichungen Gl. 8a bis Gl. 8d die weitere Trajektorie und für $y = 0$ den Auftreffort zu berechnen. Es wird folgendes Verfahren zur experimentellen Bestimmung des Luftwiderstands genutzt, um den ballistischen Koeffizienten c und somit den Luftwiderstandskoeffizienten $c_2(Ma)$ zu ermitteln:

Der ballistische Koeffizient c kann aus der am Geschoss 4 wirkenden Luftwiderstandskraft bestimmt werden, wobei sich diese Luftwiderstandskraft aus der Differenz der kinetischen Energie des Geschosses 4 am Ort A und B und der zwischen diesen beiden Orten gemessenen Wegstrecke ergibt (siehe [Fig. 5](#)). Die kinetische

Energie in A und B lässt sich dazu durch die Geschwindigkeit ausdrücken.

[0075] Entscheidend dabei ist, dass der geschwindigkeitsabhängige Anteil $f_2(c_{M\alpha})$ durch die Referenzfunktion bekannt ist und der von der Atmosphäre abhängige Teil $f_3(c_\alpha)$ als konstant angenommen wird. Daher ist nur der Anteil des Luftwiderstandskoeffizienten $c_2(M\alpha)$ zu bestimmen, der tatsächlich vom Geschoss abhängt. Dieser Anteil wird als ballistischer Koeffizient c bezeichnet.

[0076] Die Ermittlung des Luftwiderstandskoeffizienten $c_2(M\alpha)$, aus dem der ballistische Koeffizient c leicht berechnet werden kann, ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht mit der bekannten Widerstandsfunktion und der mittleren Verzögerungskraft des Luftwiderstands (Gl. 9):

$$F_w = \frac{\rho}{2} c_w v^2 A = m a_w$$

wobei $c_2(M\alpha)$ wie folgt definiert ist (Gl. 10):

$$c_2(M\alpha) = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{c_w A}{m}$$

[0077] Mit dieser Definition und Gleichung 9 sowie anschließendem Hinzufügen der bereits im Gleichungssystem 8 verwendeten Geschwindigkeitskorrektur K_y ergibt sich die Bestimmungsgleichung für $c_2(M\alpha)$ (Gl. 11):

$$c_2(M\alpha) = \frac{a_w}{v_m^2 K_y}$$

[0078] Für die Verzögerung a_w und die mittlere Horizontalgeschwindigkeit v_m gilt (Gl. 12 bis 13):

$$a_w = \frac{1}{2} \frac{v_{x_A}^2 - v_{x_B}^2}{x_{AB}}$$

$$v_m = \frac{v_{x_A} + v_{x_B}}{2}$$

[0079] Durch nachfolgendes Bestimmen des ballistischen Koeffizienten $c = A/m$ aus dem Luftwiderstandskoeffizienten $c_2(M\alpha)$, der streng genommen nur für den Ort der Messung gilt, lässt sich $c_2(M\alpha)$ an geänderte Geschwindigkeiten des Angriffsmunitionskörpers und geänderte atmosphärische Bedingungen anpassen und damit genauere Ergebnisse bei der iterativen Lösung des Gleichungssystems 8 erzielen. Außerdem wird dadurch die beschriebene Klassifikation des Angriffsmunitionskörpers ermöglicht.

[0080] Die horizontale Distanz der gemittelten Radarorte A und B ergibt sich aus der Geometrie (Gl. 14):

$$x_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

[0081] Die Geschwindigkeiten und die Ortskoordinaten in x- und z-Richtung am Ort A und B werden aus jeweils zwei mit einem Impulsradar ermittelten Geschossorten in Bezug auf das Koordinatensystem des Radargerätes berechnet. Bedingt durch die spezielle Form der Bewegungsdifferentialgleichungen, die sich durch die Umwandlung der zeitabhängigen Form der Bewegungsdifferentialgleichungen in eine ortsabhängige Form ergibt, werden nur die Horizontalanteile der Geschwindigkeit und die horizontale Distanz zwischen den gemittelten Radarorten A und B benötigt. Dadurch, dass die Bahn des Angriffsmunitionskörpers nur in Ihrer Projektion auf eine Achse (hier: x-Achse), betrachtet wird, kann auf eine vollständige Bahnverfolgung in allen drei Achsen verzichtet werden. Somit sind Entfernungsmessungen ausreichend. Somit kann eine schnelle Ermittlung der für die Bestimmung der Flugbahn notwendigen Messgrößen erreicht werden.

[0082] Die Wirkung von Messfehlern der Radarortmessungen auf die Längenstreuung (Breite des Streifens 2ω in Schussrichtung, der $x\%$ (i. A. 50%) aller abgegebenen Schüsse N enthält, wenn der mittlere Treffpunkt

auf der Mittellinie dieses Streifens liegt), die Breitenstreuung (Analog zur Längenstreuung, allerdings liegt der Streifen senkrecht zur Schussrichtung und waagrecht) sowie die Circular Error Probability (CEP) des Treffpunktes, welche durch den Radius um den Treffpunkt, in dessen Kreisfläche $x\%$ aller abgegebenen Schüsse N liegen, bestimmt wird, wird ermittelt, um das Fehlerbudget der Radarsensoren der Ortungseinrichtung **5** festzulegen. Alle systematischen Messfehler sind durch Justierung bzw. Kalibrierung beseitigt, so dass ausschließlich die Messungen des Azimuts α , der Elevation ε sowie der Zeit t zufälligen Fehlereinflüssen unterliegen. Es wird angenommen, dass diese normalverteilt mit dem Mittelwert $\mu = 0$ sind und durch die jeweiligen Messeinrichtungen die Standardabweichungen σ_α , σ_ε , σ_t gegeben sind.

[0083] Bei einer Ortungseinrichtung **5** mit Rotationsantenne ist deren Winkelgeschwindigkeit ω ebenfalls mit der Standardabweichung σ_ω fehlerbehaftet, wobei sich deren Größe aus dem Fehler der Zeitmessung ergibt.

[0084] Mit dem ballistischen Koeffizienten c können ausgehend vom Bemittelten Geschossort B durch iterative numerische Lösung der Gleichungen Gl. 8a bis Gl. 8d die weitere Trajektorie und der Treffpunkt bestimmt werden. Daher pflanzen sich die Fehler der Radarortmessungen über den ballistischen Koeffizienten auf den Treffpunkt fort und bestimmen dessen gesuchte Streuung.

[0085] Zur Ermittlung der Längenstreuung wird zunächst die Standardabweichung c des ballistischen Koeffizienten c aus den zufälligen Fehlern des Azimuts, der Elevation und der Zeit berechnet, wobei der Zeitfehler mit der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum aus dem Reichweitenfehler des Radargerätes **5** bestimmt werden kann. Bei einem Radargerät **5** mit rotierender Antenne ergibt sich die Standardabweichung der Winkelgeschwindigkeit aus dem Zeitfehler. Es werden in diesem Zusammenhang die Gesetzmäßigkeiten der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung angewendet.

[0086] Anschließend kann mit dem Ansatz variierender Störungsparameter durch Erzeugung normalverteilter Zufallszahlen für den ballistischen Koeffizienten und numerische Lösung des Differentialgleichungssystems die Längenstreuung des Treffpunktes bestimmt werden. Aus den Messfehlern der Zeit und des Azimuts und der zugrunde liegenden Ortungsgeometrie wird die Breitenstreuung direkt berechnet.

[0087] Die Circular Error Probability (CEP) des Auftreffortes wird aus der Längen- und Breitenstreuung des Treffpunktes berechnet. Diese wird nach einem in der Literatur vorgestellten Verfahren mit den Standardabweichungen in x - und z -Richtung sowie der dazugehörigen Kovarianz $\text{cov}(x, z)$ als Eingangsparametern für das gewünschte Konfidenzniveau numerisch berechnet.

[0088] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel soll der Angriffsmunitionskörper **4** in einer Entfernung von 1000 m in einer Zielhöhe von 500 m bekämpft werden. Dies führt zu einem Abschusswinkel von ca. $26,6^\circ$. Die Ortungsentfernung des Radars beträgt ebenfalls 1000 m.

Zu IV.

Klassifikation des Angriffsmunitionskörpers **4**:

[0089] Eine Klassifikation des georteten Angriffsmunitionskörpers **4** wird anhand des ballistischen Koeffizienten c durchgeführt. Die Wertebereiche des ballistischen Koeffizienten c von verschiedenen möglichen und wahrscheinlich zu erwartenden Angriffsmunitionskörper **4** wurden zuvor durch Auswertung von Schusstafeln gewonnen. Somit kann jedem ballistischen Koeffizienten c eine Art eines Angriffsmunitionskörpers **4** zugeordnet werden. Diese Zuordnung wird durch den Feuerleitreechner **6** durchgeführt.

[0090] Die Anwendung der Bestimmung der Art des Angriffsmunitionskörpers **4** kann nur in den seltenen Fällen eingeschränkt sein, wenn sich die Wertebereiche des Koeffizienten c überlappen. Unabhängig davon hat jedoch die Ortungsgenauigkeit des eingesetzten Radarsensors der Ortungseinrichtung **5** einen signifikanten Einfluss auf die Eindeutigkeit des Ergebnisses.

[0091] In jedem Fall lassen sich aus der Kenntnis des ballistischen Koeffizienten wichtige Hinweise auf den zu bekämpfende Angriffsmunitionskörper **4** gewinnen. Falls der Angriffsmunitionskörper **4** bekannt ist, können z. B. auch dessen Kaliber und Härte beispielsweise aus einer Tabelle ermittelt werden.

Zu V.

Richten der Waffe 2:

[0092] Als Waffe 2 wird eine Panzerhaubitze eingesetzt. Dieses selbstfahrende Artilleriegeschütz ist in der Lage, Geschosse 3 mit einer Kaliber von 155 mm abzufeuern. Nach dem Richten des Waffenrohres der Panzerhaubitze 2 wird auf den Abfeuerzeitpunkt gewartet.

Zu VI.

[0093] Abfeuern des Abwehrmunitionskörpers 3, um eine Bekämpfung in der gewünschten Entfernung durchzuführen:

Als Abwehrmunitionskörper 3 wird exemplarisch ein HE-Sprenggeschoss (155 mm) verwendet, welches mit der Panzerhaubitze 2 abgefeuert wird. Um eine große Mündungsgeschwindigkeit zu erzielen, wird die größtmögliche Treibladung eingesetzt. Die Splittermassenverteilungen und Splittergeschwindigkeiten des Abwehrmunitionskörpers 3 wurden zuvor bei Sprengversuchen in einer Sprengtheke ermittelt. Als Splitterkegelaufbauzeit wird die Zeit angesehen, bei welcher der Durchmesser des Splitterkegels gleich der Radar-CEP-Fläche ist.

[0094] Die Splitterwirkung von Sprenggeschossen resultiert aus der Zerlegung der Geschosshülle in Tausende Splitter, die durch die Explosion zusätzlich beschleunigt werden. Ausgewertet werden die im Rahmen von Sprengungen ermittelten Splittermassenverteilungen und die Splittergeschwindigkeiten nach einer Serie von Sprengversuchen. Daraus werden die aus der Literatur bekannten experimentellen Splittermatrizen bestimmt, in der die Splitter nach ihrem Splitterabgangswinkel und ihrer Masse klassifiziert werden.

[0095] Nach Initiierung der Sprengladung 14 auf der Flugbahn bildet sich ein in Bewegungsrichtung geöffneter Splitterkegel, dessen Öffnungswinkel von der Geschwindigkeit des Abwehrmunitionskörpers 3, der Initialgeschwindigkeit der Splitter und dem Splitterabgangswinkel abhängt. Da die Splitterverteilung in einer Sprengtheke unter statischen Bedingungen ermittelt wurde, ist die translatorische Geschwindigkeit des Sprenggeschosses 3 zum Initiierungszeitpunkt vektoriell zu überlagern und der dynamische Splitterabgangswinkel zu bestimmen. Bedingt durch den Luftwiderstand nimmt die Geschwindigkeit der Splitter mit zunehmender Entfernung vom Initiierungsort ab.

[0096] Die Zahl der wirksamen Splitter hängt davon ab, ob die kinetische Energie der Splitter größer ist als die Mindestenergie, die zur Zerstörung des Angriffsmunitionskörpers 4 unter einem angenommenen Auftreffwinkel erforderlich ist. Die Splitter, die diese Bedingung erfüllen, sind wirksam. Die Mindestenergie ergibt sich aus der Energie, die notwendig ist, um die Geschosswand eines RAM-Ziels zu durchschlagen und um die Sprengladung zu zünden. Die aus der Literatur bekannte Panzerformel nach de Marre wird genutzt, um die Durchschlagsenergie von Angriffsmunitionskörpern 4 abzuschätzen.

[0097] Bei dem beschriebenen Angriffsmunitionskörper 4 kann beispielsweise eine Energie von 1200 J als Mindestenergie angegeben werden.

[0098] Anhand der Schlagempfindlichkeit typischer Sprengstoffe wird die Energie bestimmt, um den Sprengstoff des Angriffsmunitionskörpers 4 zur Explosion zu bringen. Das Auftreffen eines Splitters auf einen Angriffsmunitionskörper 4 wird als plastischer Stoßvorgang modelliert und die dabei auftretende Umwandlung von mechanischer in innere Energie entspricht letztlich der Energie, die zur Zerstörung des Angriffsmunitionskörpers 4 zur Verfügung steht.

Zu VII.

Messung der Abwehrmunitionskörpergeschwindigkeit v_M und Übermittlung der Daten an den Feuerleitrechner 6:

[0099] Die Messung der Geschwindigkeit v_M kann mittels eines Radars erfolgen. Durch die Ermittlung kann auf die Mündungsgeschwindigkeit v_0 geschlossen werden. Bei der Messung der Geschwindigkeit v_M mittels eines Radargeräts kann das Dopplerverfahren oder das Impuls-Laufzeitverfahren eingesetzt werden.

[0100] Bei einer alternativen Ausführung ist im Rohr der Waffe 2 als Messeinrichtung 10 eine echtzeitfähige v_0 -Spule integriert, die mittels Induktion die Anfangsgeschwindigkeit des Abwehrmunitionskörpers 3 des aktuellen Schusses und den Zeitpunkt der Messung bereitstellt. Sie bildet ebenfalls die Referenz für das raumfeste

Koordinatensystem der ballistischen Berechnungen.

Zu VIII.

Berechnung einer korrigierten Feuerleitlösung und Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z :

[0101] Die Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z mittels der korrigierten Feuerleitlösung sollte so schnell wie möglich erfolgen, weil die Zeit zwischen dem Abfeuern und der Zündung des Abwehrmunitionskörpers **4** kurz ist. Für die Berechnung der korrigierten Feuerleitlösung wird ein Verfahren verwendet, welches die Differentialgleichungen der Außenballistik analytisch löst. Es wird hierbei eine mathematische Funktion, namentlich Lerch's Phi, verwendet. Mit einem speziellen Approximationsverfahren, wie beispielsweise der Gaußschen Fehlerquadratmethode, können die Werte von k_1 und k_2 aus der Gleichung $c_w = k_1 \cdot Ma^{k_2}$ aus den Dienstschusstafeln (Messwerten) gewonnen werden. Die Größe c_w gibt das Verhältnis des Luftwiderstandes zwischen einem Geschoss und einer unendlich ausgedehnten ebenen Platte als Funktion der Machzahl an. Nur mit einem korrekten c_w -Wert kann die korrekte Luftwiderstandskraft und somit die korrekte Flugbahn eines Geschosses bestimmt werden. Durch die Approximation dieser Gleichung können die Bewegungsdifferentialgleichungen der Außenballistik für Machzahlen > 1 (Überschall) analytisch gelöst werden. Damit kann eine schnelle Berechnung von Feuerleitlösungen erfolgen, da keine numerische Integration erforderlich ist.

[0102] Das Verfahren kann zudem mit dem in der DE 10 2005 023 739 A1 beschriebenen Verfahren kombiniert werden. Das dort beschriebene Verfahren wird zu Ermittlung der Feuerleitlösung bei Vorhandensein einer Relativbewegung zwischen Waffe und Ziel verwendet. Eine solche Relativbewegung wird im vorliegenden Zusammenhang durch die Bewegung des Angriffsmunitionskörpers bei unbewegter Waffe gebildet.

[0103] Zur Ermittlung des Zündzeitpunkts T_z werden die Parameter berücksichtigt, die einen Einfluss auf den optimalen Zündzeitpunkt haben. Der Zündzeitpunkt T_z sollte der Zeitpunkt sein, in dem die größte Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung vorliegt. Auf Grund der Streuungen und Toleranzen kann nur ein wahrscheinlicher Aufenthaltsraum des Angriff- und Abwehrmunitionskörper sowie eine wahrscheinliche Entwicklung der Splitterwirkung nach der Zündung angegeben werden.

[0104] In der Regel ist der Angriffsmunitionskörper **4** und vor allem dessen Kaliberfläche klein. Bedingt durch die Ungenauigkeiten bei der Ortsbestimmung ist der wahrscheinliche Aufenthaltsbereich dieses Ziels dagegen dahingegen groß und geometrisch durch einen Ellipsenzylinder, d. h. durch einen Zylinder mit elliptischer Grundfläche ([Fig. 7](#)), beschrieben. Der sich aus dem Zündzeitpunkt ergebende Zündort des Abwehrmunitionskörpers **3** wird unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte festgelegt:

- Einerseits soll der Abstand zum Ziel **4** möglichst klein sein, weil bedingt durch den Luftwiderstand mit zunehmender Entfernung vom Zündort die Anzahl der wirksamen Splitter abnimmt.
- Andererseits soll am Ziel **4** etwas vorbeigeschossen werden, da die größten Splitterzahlen im Randbereich des Splitterkegels auftreten.

[0105] Vorteilhaft ist, wenn aus beiden berechneten Zündzeitpunkten ein gewichtetes Mittel verwendet wird, so dass die Zerstörungswahrscheinlichkeit maximiert wird. Die Wichtungsfaktoren können vom Kaliber und der Art des Angriffsmunitionskörpers, die von der Ortungseinrichtung ermittelt werden, abhängen und durch Simulation oder Experimenten ermittelt werden.

[0106] Die genaue Einhaltung der Zündzeit T_z hat eine hohe Beutung und deren Genauigkeit muss im Millisekunden-Bereich liegen, da ansonsten die Zündung zu weit vor oder hinter dem Ziel **4** erfolgen würde.

[0107] Eine maßgebliche Größe ist zunächst die Streuung Zündzeit selbst, d. h. mit welcher Ungenauigkeit der Zünder **13** bei eingestelltem Zündzeitpunkt zündet. Es wird ein Zünder **13** verwendet, welcher eine Streuung der Tempierzeit von weniger als 2 ms aufweist.

[0108] Die Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z erfolgt über die Bestimmung des Zündabstandes. Dies wird anhand einer Munitionsbedarfsrechnung erläutert. Mittels der Munitionsbedarfsberechnung kann bestimmt werden, wie viele Abwehrmunitionskörper **3** abgefeuert werden müssen, um für ein vorgegebenes Konfidenzniveau ein wirksames Bekämpfen des Angriffsmunitionskörpers **4** zu erreichen.

[0109] Die Munitionsbedarfsrechnung basiert auf bekannten statistischen Grundlagen und gibt die im Mittel erforderliche Munitionsmenge an, um das Ziel vollständig zu vernichten. Diese hängt nach dem exponentiellen Vernichtungsgesetz von der Abschusswahrscheinlichkeit eines Splitters p_k und der Anzahl der wirksamen

Splitter gegen die Zielfläche N_w ab.

[0110] Für die Berechnung der Abschusswahrscheinlichkeit von N wirksamen Splittern gegen die Zielfläche wird die wesentliche Annahme getroffen, dass, wie in [Fig. 6](#) skizziert, die Grundfläche des Splitterkegels A_E genau so groß sein soll wie die Radar-CEP-Fläche A_{CEP} , in der sich mit der festgelegten Wahrscheinlichkeit (z. B. $P = 50\%$) der Angriffsmunitionskörper **4** befindet.

[0111] Die Abschusswahrscheinlichkeit p_K eines einzelnen Splitters ergibt sich aus der Multiplikation der Treffwahrscheinlichkeit p_H mit der Zerstörungswahrscheinlichkeit p_{KH} . Die Treffwahrscheinlichkeit p_H gibt im Fall einer frontalen Bekämpfung die Wahrscheinlichkeit an, um zum einen die kreisförmige Zielfläche und zum anderen den Angriffsmunitionskörper **4** auch in dessen Längsrichtung zu treffen. Die Zerstörungswahrscheinlichkeit p_{KH} hängt vom Verhältnis der Energie des Abwehrmunitionskörpers **3** zur Mindestenergie zum Durchschlagen der Hülle des Angriffsmunitionskörpers **4** ab und nimmt exponentiell damit zu.

[0112] Messfehler der Sensoren der Mess- und Ortungseinrichtungen **5**, **10** und **12** in Azimut, Elevation und Entfernung vergrößern den wahrscheinlichen Aufenthaltsort des zu bekämpfenden Angriffsmunitionskörpers **4** und die Radar-CEP-Fläche, so dass der Munitionsbedarf mit ungenaueren Sensoren zunimmt. Außerdem existieren Streuungen bei der Schussentwicklung, der Mündungsgeschwindigkeit des Abwehrmunitionskörpers **3** und der Zündzeit zur Initiierung des Geschosses sowie der anschließenden Splitterkegelenwicklung. Hinzu kommt die ballistische Streuung der Munition **3** und der Waffe **2**. Dies wirkt sich auf die Treffwahrscheinlichkeit und damit den Munitionsbedarf aus. Daher werden im Rahmen des angestrebten Munitionsbedarfs für ein festgelegtes Konfidenzniveau das Fehlerbudget, welches die Summe aller Fehler im System, die nicht überschritten werden darf, kennzeichnet, für das Gesamtsystem festgelegt.

[0113] Im ersten Schritt der praktischen Durchführung wird abhängig vom gewählten Radargerät **5** die Fläche normal zum Radarstrahl berechnet, in der sich der Angriffsmunitionskörper **4** mit der Wahrscheinlichkeit P aufhält. Diese Fläche soll der Grundfläche des Splitterkegels A_E entsprechen, so dass möglichst mindestens ein Splitter aller wirksamen Splitter die Zielfläche A_T treffen kann. Diese Zielfläche A_T befindet sich mit der Wahrscheinlichkeit P irgendwo in A_{CEP} und ist damit eine Teilfläche von A_{CEP} .

[0114] Mit der Fläche A_E lässt sich dann der Zündabstand h_K , welcher der Splitterkegelhöhe entspricht, bestimmen, wobei dazu zunächst der Öffnungswinkel des Splitterkegels B_{max} abzuschätzen ist. Dieser dient – mit der Bahngeschwindigkeit des Abwehrmunitionskörpers **3** im prognostizierten Bekämpfungsort – als Eingangsgröße für die Berechnung des Splitterkegels aus den experimentell in der Sprengtheke ermittelten Splitterverteilungen. Mit dem nun bestimmten Splitterkegelöffnungswinkel B_{max} lässt sich nun ein verbesserter Zündabstand und damit der Splitterkegel berechnen. Durch den Zündabstand wird bei Kenntnis der gemessenen Referenzzeit T_M der Zündzeitpunkt T_Z bestimmt werden.

[0115] Die Gesamtzahl der wirksamen Splitter, der Öffnungswinkel sowie die Bahngeschwindigkeit im Bekämpfungsort dienen mit den zuvor angegebenen Daten als Eingangsparameter für die zuvor beschriebene ballistische Wahrscheinlichkeitsrechnung, um den Munitionsbedarf N_S zu berechnen.

[0116] Dieser Munitionsbedarf gilt gemäß [Fig. 7](#) streng genommen nur für die dem Zündort zugewandte Grundfläche des Ellipsenzylinders. Hält sich der Angriffsmunitionskörper **4** tatsächlich beispielsweise im hinteren Bereich des Ellipsenzylinders auf, ist die Splitterdichte deutlich geringer und aufgrund der längeren Flugstrecke die Splittergeschwindigkeit reduziert. Dadurch verringert sich die Anzahl der wirksamen Splitter pro Flächeneinheit und der Munitionsbedarf erhöht sich. Durch eine genauere Entfernungsmessung, die durch einen weiteren, nicht dargestellten Sensor durchgeführt werden kann, lässt sich die Länge des Ellipsenzylinders signifikant reduzieren, so dass der Munitionsbedarf im gesamten Ellipsenzylinder in der Größenordnung liegt, wie der dem Zündort am nächsten liegenden Grundfläche.

Zu IX.

Fernübermittlung des Zündzeitpunkts T_Z an die Zündsteuereinheit **9**, (alternativ: direkte Fernauslösung des Zünders **13**)

[0117] Der ermittelte Zündzeitpunkt T_Z wird über die als Funkeinheit ausgestaltete Signalsendeeinheit **7** als codierte Tempiersignale per Funk an die als Funkeinheit ausgestaltete Signalempfangseinheit **8** gesendet. Die Signalempfangseinheit **8** leitet die Signale an die Zündsteuereinheit **9** weiter, in welcher der neue Zündzeitpunkt gespeichert wird. Ferner wird über die beiden Funkeinheiten **7** und **8** der korrekte Empfang des Zünd-

zeitpunkts T_z an den Feuerleitrechner bestätigt. Falls keine Bestätigung erfolgt, wird der Zündzeitpunkt erneut berechnet und an den Abwehrmunitionskörper **3** übertragen.

[0118] Bei einer anderen Ausgestaltung wird mittels codierten Fernsteuersignalen zum ermittelten Zündzeitpunkt T_z der Zünder **13** über die beiden Funkeinheiten **7** und **8** und die Zündsteuereinheit **9** unmittelbar nach dem korrekten Empfang fernausgelöst. Bei geeigneter Wahl der Trägerfrequenz (z. B. 520 kHz) kann der gesamte Code innerhalb von 100 μ s verschickt werden, so dass der Übertragungszeitpunkt T_U praktisch mit dem Zündzeitpunkt übereinstimmt. Durch die Verwendung einer direkten Fernauslösung kann die Bestimmung des optimalen Zündzeitpunkts in vorteilhafter Weise so lange wie überhaupt möglich hinausgezögert werden, so dass eine exaktere Bestimmung der Flugbahnen möglich ist.

[0119] Eine erhöhte Sicherheit kann dadurch erreicht werden, dass die Tempiersignale oder Fernsteuersignale codiert sind. Der Code wird von der Zündsteuereinheit zur Ermittlung des korrekten Empfangs der Fernsteuersignale ausgewertet. Erst am Ende der Überprüfung des Codes, der mit dem der Zündsteuereinheit bekannten Code übereinstimmen muss, wird die Tempierungsvorgabe umgesetzt bzw. direkt die Zündung eingeleitet.

[0120] In einer weiteren, nicht dargestellten Ausgestaltung weist der Abwehrmunitionskörper zusätzlich einen Annäherungszünder auf. Dieser initiiert die Zündung, wenn sich der Abwehrmunitionskörper **3** in einer einstellbaren Entfernung zum Angriffsmunitionskörper **4** befindet. Vorteilhaft hierbei ist, dass in dem Fall, in dem der ermittelte Zündzeitpunkt tatsächlich zu spät war, eine gewisse Chance besteht, dass der Abwehrmunitionskörper vorher mittels des Annäherungszünders initiiert wird.

[0121] In einer nicht dargestellten Ausgestaltung weist der Abwehrmunitionskörper als Zünder lediglich einen Annäherungszünder, aber keine Funkeinheit **8** auf. Der Annäherungszünder löst die Zündung aus, wenn sich der Abwehrmunitionskörper **3** in einer einstellbaren Entfernung zum Angriffsmunitionskörper **4** befindet, z. B. in einer Entfernung von 1 m. Somit werden bei dieser Ausgestaltung die Verfahrensschritte VII bis IX aus [Fig. 2](#) nicht durchgeführt.

Zu X.

Zündung der Sprengladung **14**, Ausbildung des Splitterkegels:

[0122] Nach der Zündung der Sprengladung **14** bildet sich der Splitterkegel aus. Falls der Angriffsmunitionskörper **4** nicht erfolgreich bekämpft wurde, wird ein weiterer Abwehrmunitionskörper **3** mit einer neuen Feuerleitlösung abgefeuert. In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden jedoch gemäß dem ermittelten Munitionsbedarf direkt hintereinander aus einer oder mehrere Waffen **2** mehrere Abwehrmunitionskörper **3** abgefeuert, ohne dass auf eine Rückmeldung einer erfolgreichen Bekämpfung gewartet wird.

[0123] Die folgenden Ergebnisse einer Munitionsbedarfsrechnungen zeigen, dass mit dem im Ausführungsbeispiel gewählten Radarsystem MWRL-SWK Schusszahlen $N_s < 10$ mit 155 mm-Sprenggeschossen als Abwehrmunitionskörper realisierbar sind. Bei der Bekämpfung einer 82 mm-Wurfgranate als Angriffsmunitionskörper ist das 155 mm-Geschoss gut geeignet. Hierbei ist u. a. die große Anzahl wirksamer Splitter $N_{f,ges} = 7857$ in Verbindung mit einem großen Splitterkegelöffnungswinkel $B_{max} = 79,5^\circ$ verantwortlich ist. Die [Fig. 8](#) zeigt für unterschiedliche Streuungen ein Diagramm zum Munitionsbedarf zur erfolgreichen Bekämpfung bei einem Konfidenzniveau (C. L.) von 50% und die [Fig. 9](#) zeigt für unterschiedliche Streuungen ein Diagramm zum Munitionsbedarf zur erfolgreichen Bekämpfung bei einem Konfidenzniveau von 99%. Dabei sind bei den beiden [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) jeweils auf der Abszisse die Standardabweichung von Azimut und Elevation des Radargeräts aufgetragen, die als gleich angenommen werden. Auf der Ordinate sind die erforderlichen, ganzzahlige Schusszahlen für vorgegebene Werte von C. L. aufgetragen. Bemerkenswert ist, dass selbst bei einer Vernichtungswahrscheinlichkeit von 99% der Munitionsbedarf von 155 mm-Geschossen mit den getroffenen Annahmen bei maximal vier Schuss und damit deutlich im einstelligen Bereich liegt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 4426014 B4 [0003]
- DE 10024320 C2 [0003]
- EP 1518087 B1 [0003]
- DE 60012654 T2 [0003]
- DE 10025105 B4 [0003]
- DE 10151897 A1 [0003]
- EP 1742010 A1 [0009]
- DE 102005024179 A1 [0010]
- EP 1482311 A1 [0021]
- DE 102005023739 A1 [0102]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper (4), wobei
 - i. der Angriffsmunitionskörper (4) mittels mindestens einer Ortungseinrichtung (5, 12) geortet wird,
 - ii. die Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird,
 - iii. eine Feuerleitlösung zum Abfeuern eines Abwehrmunitionskörpers (3) mit Splitterwirkung ermittelt wird,
 - iv. mittels einer großkalibrigen Waffe (2), insbesondere eine Waffe mit einem Kaliber von mindestens 76 mm, der Abwehrmunitionskörper (3) abgefeuert wird, und
 - v. der Abwehrmunitionskörper (3) nach dem Abfeuern tempierbar und/oder fernzündbar ist und nach dem Abfeuern in einem Zündzeitpunkt T_z zündet oder ferngezündet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Zündzeitpunkt T_z zeitlich nach dem Abfeuern des Abwehrmunitionskörpers (3) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit v_M des Abwehrmunitionskörpers (3) in einem bestimmten Zeitpunkt T_M , insbesondere beim Verlassen der Waffe (2), mittels mindestens einer Messeinrichtung (10) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit v_M die Mündungsgeschwindigkeit v_0 ist und dass die Messeinrichtung (10) insbesondere eine Spule umfasst, die insbesondere im Bereich der Mündungsöffnung des Waffenrohres angeordnet ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt T_M einen Zeitpunkt darstellt, in dem der Abwehrmunitionskörper (3) die Waffe (3) verlassen hat und dass die Messeinrichtung (10) insbesondere eine Radarvorrichtung umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (10) richtbar ist und im Zeitpunkt des Abfeuerns des Abwehrmunitionskörpers (3) in die Richtung der Abfeuerrichtung gerichtet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Geschwindigkeit v_M im Zeitpunkt T_M bei der Ermittlung des Zündzeitpunkts T_z des Abwehrmunitionskörpers (3) berücksichtigt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Zündzeitpunkt T_z der Zeitpunkt ermittelt wird, in dem eine hohe, insbesondere die größte, Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers (3) vorliegt, die sich insbesondere aus dem Produkt der Treffwahrscheinlichkeit, die angibt, ob ein Splitter den Angriffsmunitionskörper trifft, mit der Zerstörungswahrscheinlichkeit, die angibt, ob dieser Splitter in der Lage ist, die Hülle des Angriffsmunitionskörpers (4) zu zerstören, ergibt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung des Zündzeitpunkts T_z ein oder mehrere Parameter berücksichtigt werden, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus:
 - a) Messungenauigkeiten der Messeinrichtung (10), insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung;
 - b) Messungenauigkeiten der Ortungseinrichtung (5, 12), insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung;
 - c) Art des Angriffsmunitionskörpers (4), insbesondere dessen Härte;
 - d) Art des Abwehrmunitionskörpers (3), insbesondere dessen Eigenschaften wie Splittermatrix, Splitterkegelaufbauzeit, Ungenauigkeiten der Tempierzeit;
 - e) Schussentwicklungszeit des Abwehrmunitionskörpers (3);
 - f) ballistische Streuung.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zündzeitpunkt T_z durch ein analytisches Verfahren ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zündzeitpunkt T_z als neue Tempierungsvorgabe an den Abwehrmunitionskörper (3), insbesondere per Funk, übermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abwehrmunitionskörper (3) den Emp-

fang des Zündzeitpunkts T_z bestätigt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abwehrmunitionskörper (3) mittels eines im Abwehrmunitionskörper (3) angeordneten Annäherungszünder gezündet wird.

14. Verfahren zum Schutz gegen fliegende Angriffsmunitionskörper (4), wobei

- i. der Angriffsmunitionskörper (4) mittels mindestens einer Ortungseinrichtung (5, 12) geortet wird,
- ii. die Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird,
- iii. eine Feuerleittlösung zum Abfeuern eines Abwehrmunitionskörpers (3) mit Splitterwirkung ermittelt wird,
- iv. mittels einer großkalibrigen Waffe (2), insbesondere eine Waffe mit einem Kaliber von mindestens 76 mm, der Abwehrmunitionskörper (3) abgefeuert wird, und
- v. die Zündung des Abwehrmunitionskörpers (3) durch einen im Abwehrmunitionskörper angeordneten Annäherungszünder initiiert wird.

15. Verfahren insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berechnung der Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) und/oder der Art des Angriffsmunitionskörpers (4) der ballistische Koeffizient c des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der ballistische Koeffizient c über die Bestimmung der Luftwiderstandskraft des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftwiderstandskraft aus der Differenz zweier kinetischer Energien des Angriffsmunitionskörpers (4) an zwei Orten und der Wegstrecke zwischen diesen Orten massebezogen ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung einer kinetischen Energie zwei Messpunkte mittels der Ortungseinrichtung (5, 12) aufgenommen werden, aus denen die Geschwindigkeit des Angriffsmunitionskörpers (4) ermittelt wird.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wahrscheinliche Munitionsbedarf an Abwehrmunitionskörpern (3), insbesondere der Anzahl der abzufeuernenden Abwehrmunitionskörper (3), nach der Ortung des Angriffsmunitionskörper (4) ermittelt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwehrmunitionskörper (3) gemäß dem ermittelten Munitionsbedarf abgefeuert werden, solange nicht die erfolgreiche Bekämpfung des Angriffsmunitionskörpers (4) erkannt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung des Munitionsbedarf, insbesondere der Anzahl der abzufeuernenden Abwehrmunitionskörper (3), ein oder mehrere Parameter berücksichtigt werden, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus:

- a) Messungenauigkeiten der Messeinrichtung (10), insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung;
- b) Messungenauigkeiten der Ortungseinrichtung (5, 12), insbesondere bei der Bestimmung von Zeitpunkt, Geschwindigkeit, Azimut, Elevation und/oder Entfernung;
- c) Art des Angriffsmunitionskörpers (4), insbesondere dessen Härte;
- d) Art des Abwehrmunitionskörpers (3), insbesondere dessen Eigenschaften wie Splittermatrix, Splitterkegelaufbauzeit, Ungenauigkeiten der Tempierzeit;
- e) Schussentwicklungszeit des Abwehrmunitionskörpers (3);
- f) ballistische Streuung.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abwehrmunitionskörper (3) vor dem Abfeuern auf einen Zeitpunkt T_{vor} vortempiert ist, der zeitlich vor dem durch die vor dem Abfeuern ermittelte Feuerleittlösung vorausgesagte Zeitpunkt T_B liegt, in dem der Abwehrmunitionskörper (3) bei Nichtzündungen auf den Boden trifft, und der insbesondere zeitlich nach dem Zeitpunkt T_A liegt, der durch den durch die vor dem Abfeuern ermittelte Feuerleittlösung vorausgesagten Zündzeitpunkt T_z des Abwehrmunitionskörpers (3) bestimmt ist.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Warnung für den Bereich des durch die ermittelte Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (3) ermittelten Auftreffpunktes

am Boden abgegeben wird.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der ersten Ortung des Angriffsmunitionskörpers (3) durch die Ortungseinrichtung (12) die Ortungsdaten an eine zweite Ortungseinrichtung (5), insbesondere ein Zielfolgeradargerät, übergeben werden, welche die Messung der für die Bestimmung der Flugbahn notwendigen Größen durchführt.

25. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit

- i. einer Ortungseinrichtung (5, 12), insbesondere ein Radargerät, zur Ortung des Angriffsmunitionskörpers (4),
- ii. einer Rechneinheit, insbesondere einem Feuerleitrechner (6), zur Ermittlung der Flugbahn des Angriffsgeschosses (4),
- iii. einer großkalibrigen Waffe (2), insbesondere eine Waffe mit einem Kaliber von mindestens 76 mm,
- iv. einem Feuerleitrechner (6) zur Ermittlung der Feuerleitleitung, an welchen eine Signalsendeeinheit (7), insbesondere eine Funkeinheit, angeschlossen ist und
- v. mindestens einem Abwehrmunitionskörper (3), insbesondere ein Sprenggeschoss,
 - v. 1. der mittels der Waffe (2) abfeuerbar ist,
 - v. 2. der eine mittels Tempiersignalen tempierbare oder mittels Fernsteuersignalen fernsteuerbare Zündsteuereinheit (9) aufweist, welche die Zündung des Abwehrmunitionskörpers (3) initiiert, und
 - v. 3. der eine Signalempfangseinheit (8), insbesondere eine Funkeinheit aufweist, zum Empfang der von der Signalsendeeinheit gesendeten Tempiersignale, die einen vom Feuerleitrechner (6) ermittelten Zündzeitpunkt T_z enthalten, oder Fernsteuersignale.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Messeinrichtung (10) umfasst, mittels derer die Geschwindigkeit v_M des Abwehrmunitionskörpers (3) in einem bestimmten Zeitpunkt T_M , insbesondere beim Verlassen der Waffe (2) ermittelt wird.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (10) eine an der Waffe (2) angeordnete Spule umfasst, die insbesondere im Bereich der Mündungsöffnung des Waffenrohres angeordnet ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (10) richtbar ist und insbesondere eine Radarvorrichtung umfasst.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Abwehrmunitionskörper (3) einen Annäherungszünder aufweist.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine zweite Ortungseinrichtung (5), insbesondere ein Zielfolgeradargerät, umfasst, welcher von nach der ersten Ortung des Angriffsmunitionskörpers durch die erste Ortungseinrichtung (12) die Ortungsdaten übergeben bekommt und welche die Messung der für die Bestimmung der Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) erforderlichen Größen durchführt.

31. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14, mit

- i. einer Ortungseinrichtung (5, 12), insbesondere ein Radargerät, zur Ortung des Angriffsmunitionskörpers (4),
- ii. einer Rechneinheit, insbesondere einem Feuerleitrechner (6), zur Ermittlung der Flugbahn des Angriffsgeschosses (4),
- iii. einer großkalibrigen Waffe (2), insbesondere eine Waffe mit einem Kaliber von mindestens 76 mm,
- iv. einem Feuerleitrechner (6) zur Ermittlung der Feuerleitleitung und
- v. mindestens einem Abwehrmunitionskörper (3), insbesondere ein Sprenggeschoss,
 - v. 1. der mittels der Waffe (2) abfeuerbar ist,
 - v. 2. der einen Annäherungszünder aufweist, welche die Zündung des Abwehrmunitionskörpers (3) initiiert.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine zweite Ortungseinrichtung (5), insbesondere ein Zielfolgeradargerät, umfasst, welcher von nach der ersten Ortung des Angriffsmunitionskörpers durch die erste Ortungseinrichtung (12) die Ortungsdaten übergeben bekommt und welche die Messung der für die Bestimmung der Flugbahn des Angriffsmunitionskörpers (4) erforderlichen Größen durchführt.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

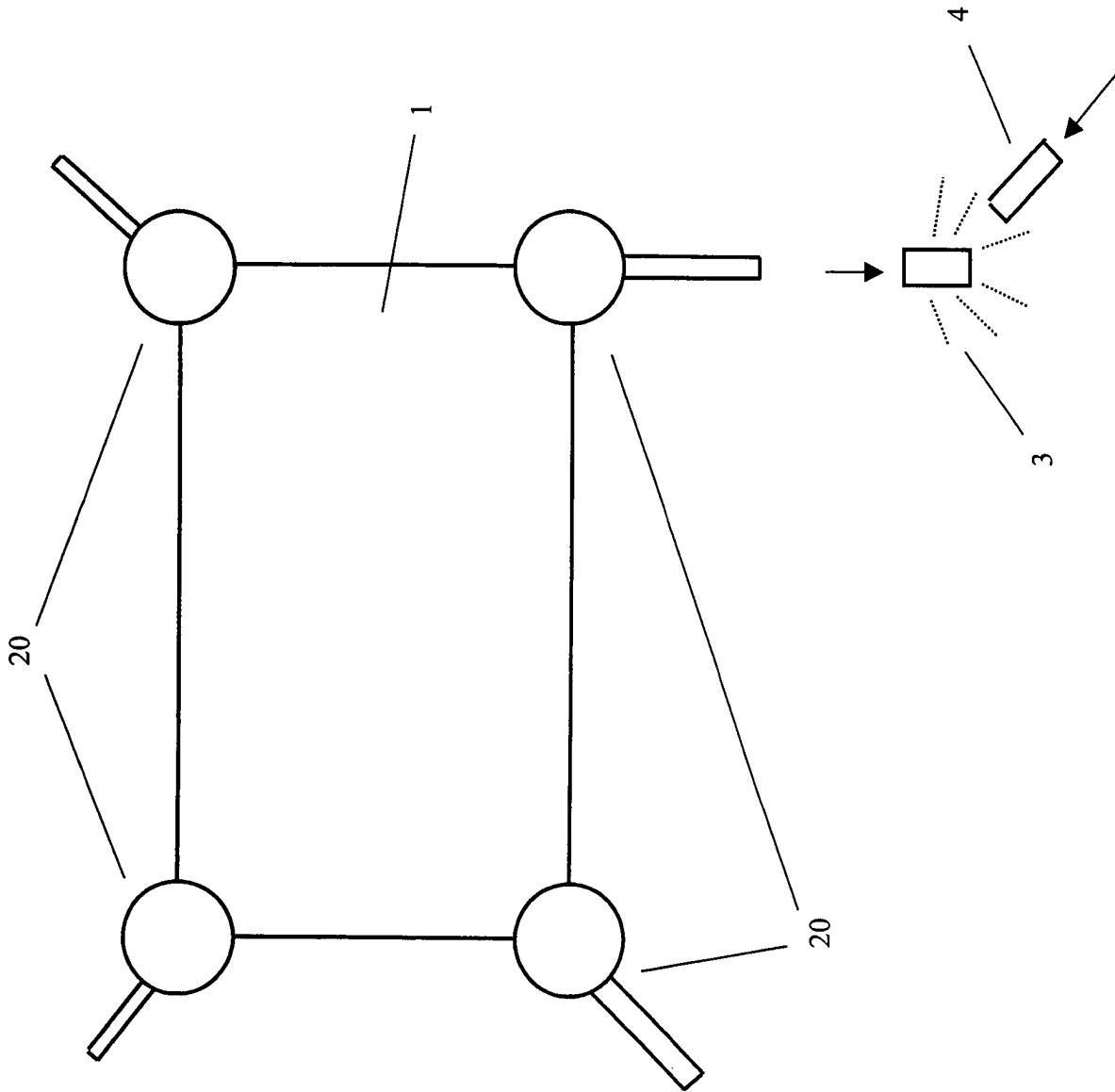


Fig. 1

Fig. 2

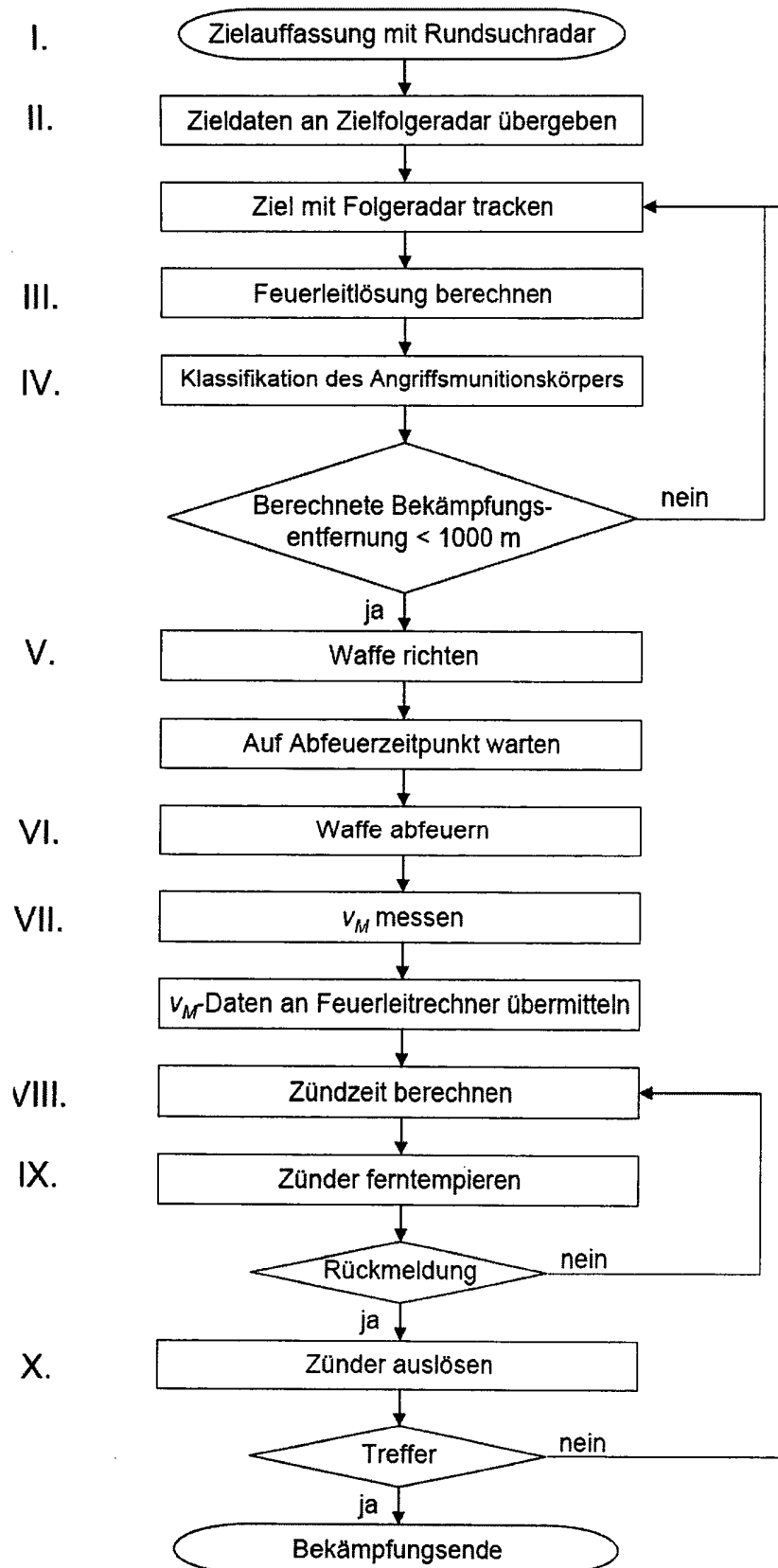


Fig. 3

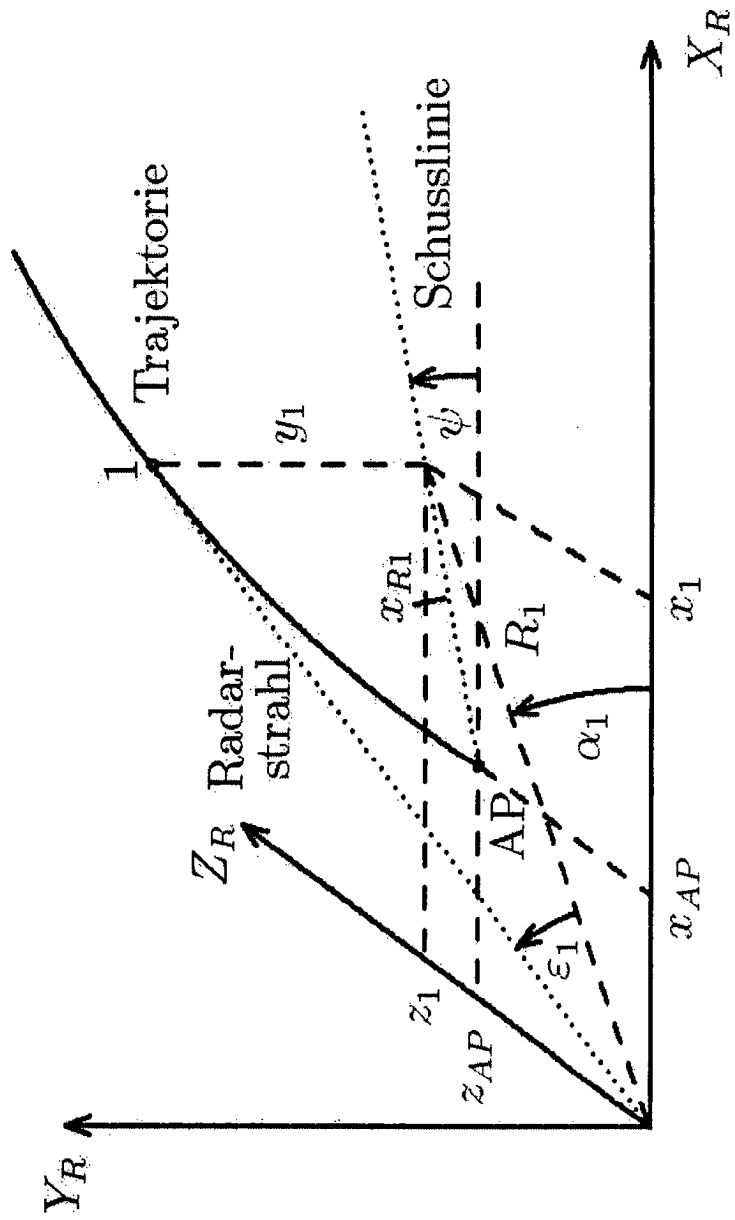


Fig. 4

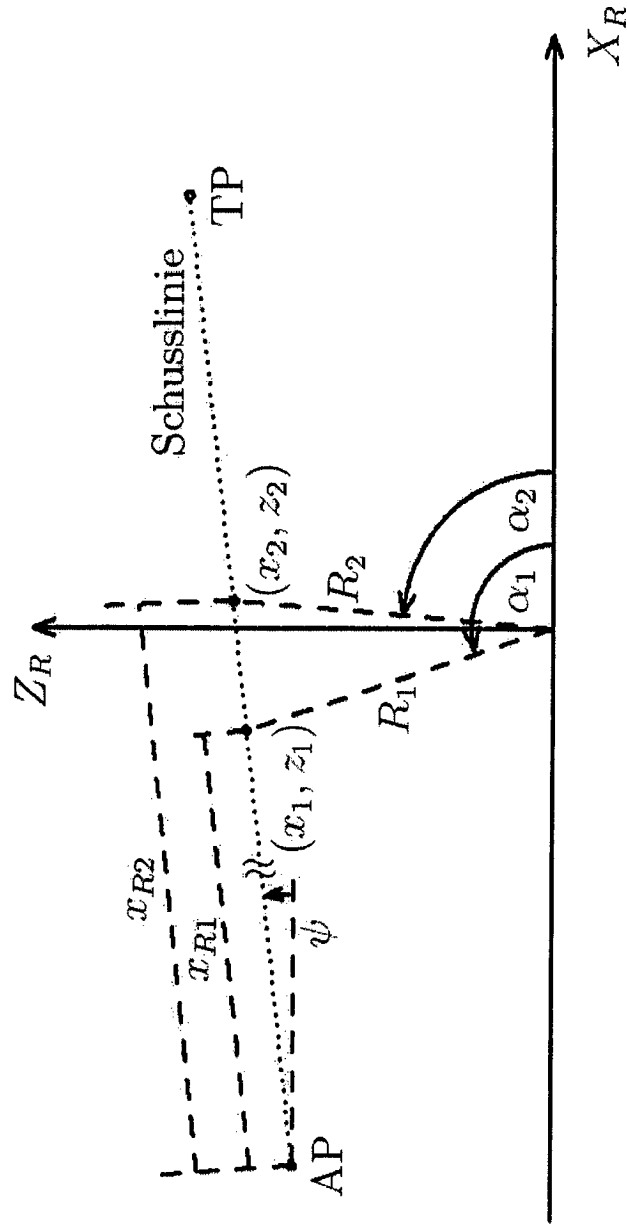


Fig. 6

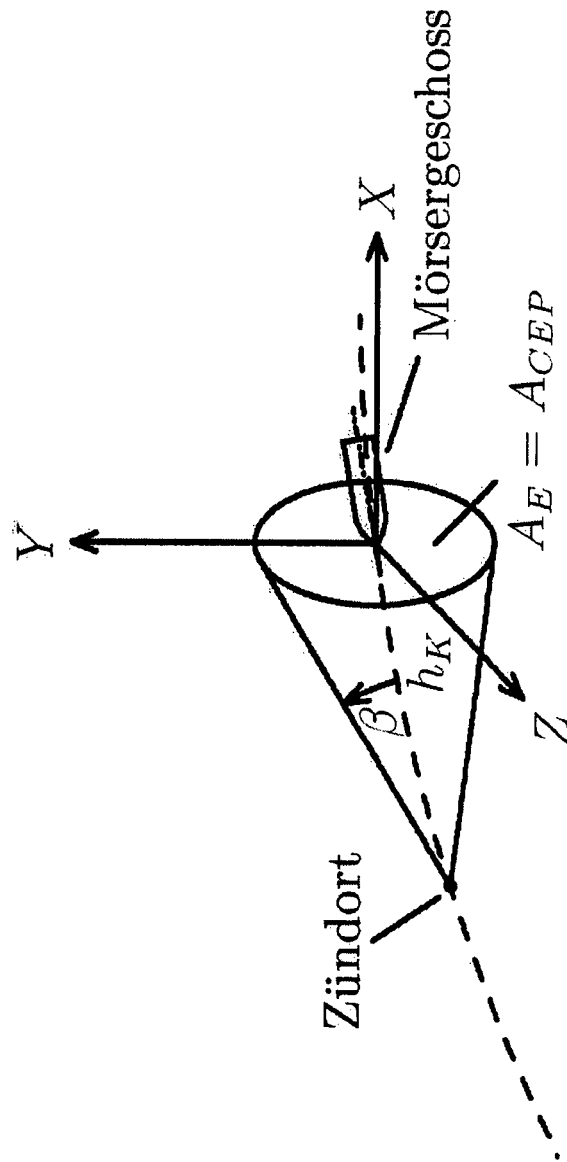


Fig. 7

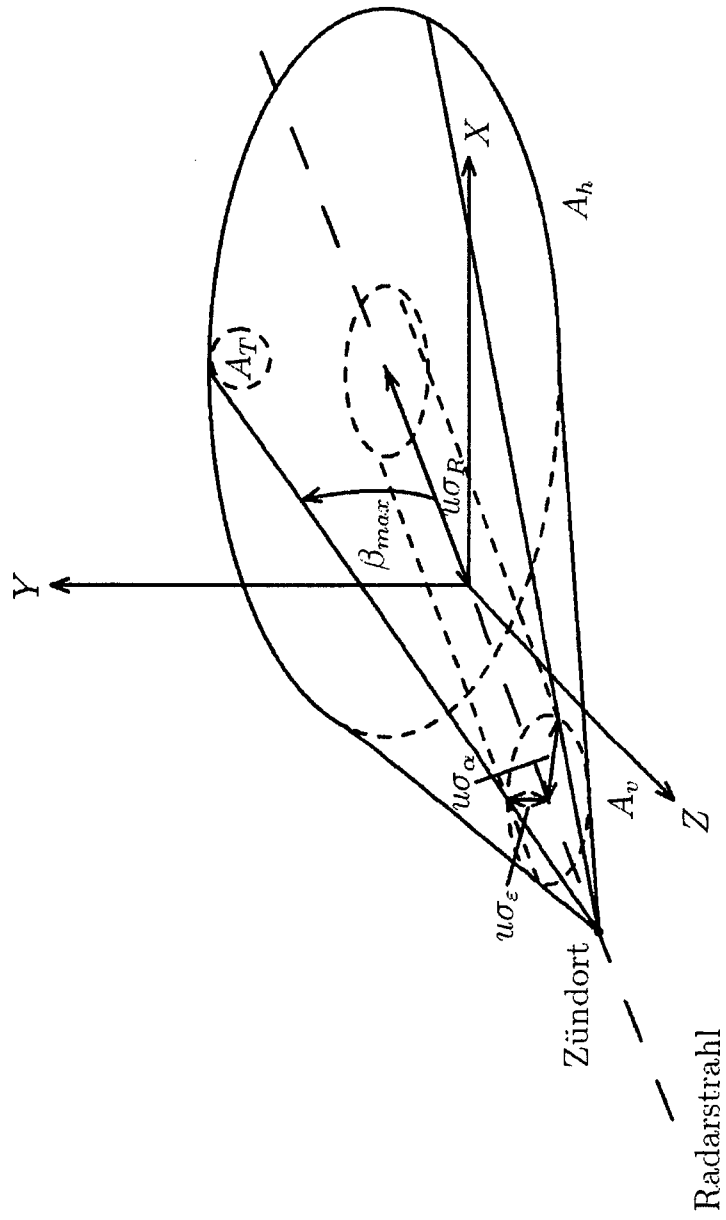


Fig. 8

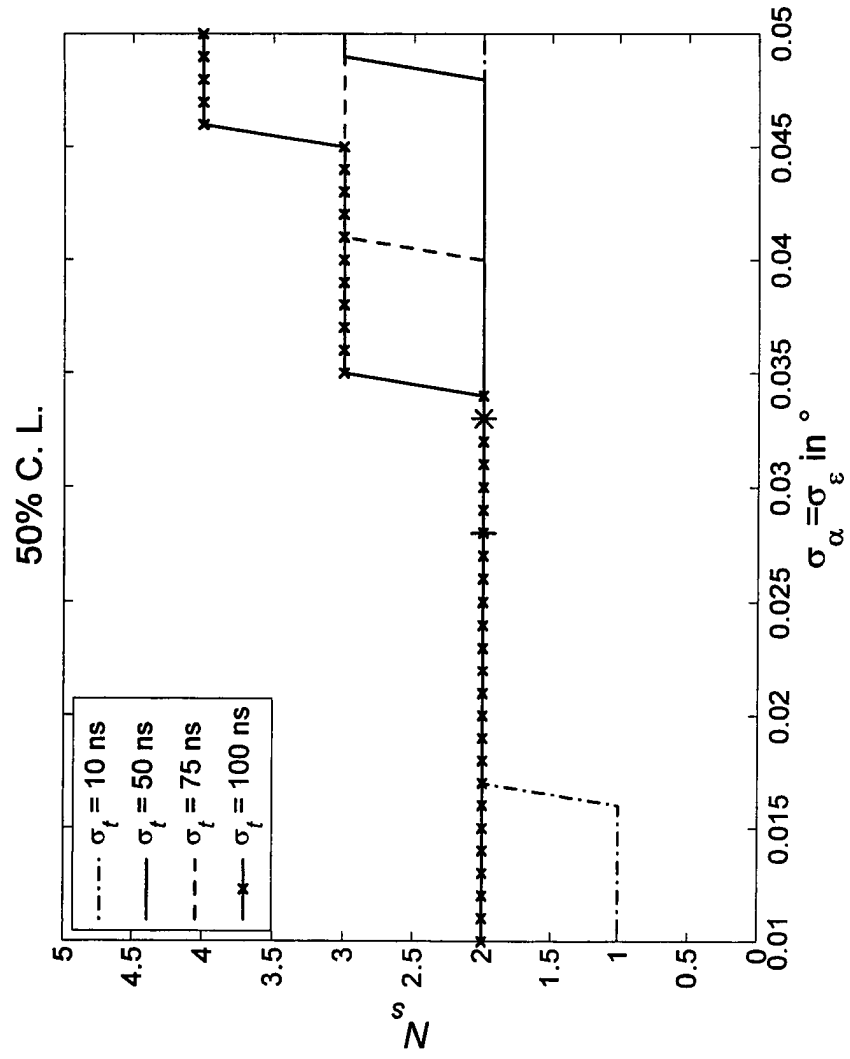


Fig. 9

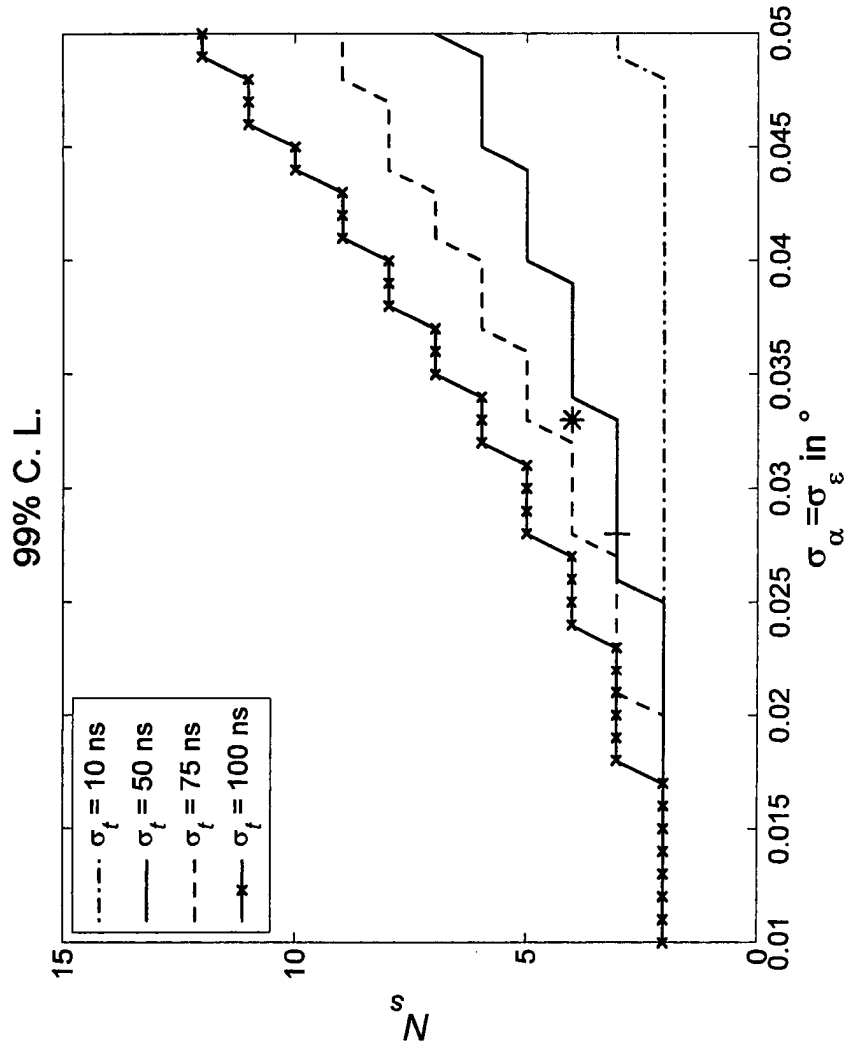


Fig. 10

