



(11)

EP 3 118 567 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.09.2018 Patentblatt 2018/37

(51) Int Cl.:
F41H 11/00 ^(2006.01) **F41H 13/00** ^(2006.01)
F42B 15/01 ^(2006.01) **F41G 7/26** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16001540.0**

(22) Anmeldetag: **12.07.2016**

(54) **VERFAHREN ZUM SCHÜTZEN EINES FAHRZEUGS VOR EINEM ANGRIFF DURCH EINEN LASERSTRAHL**

METHOD FOR PROTECTING A VEHICLE AGAINST AN ATTACK BY A LASER BEAM

PROCEDE DE PROTECTION D'UN VEHICULE CONTRE UNE ATTAQUE PAR UN RAYON LASER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **17.07.2015 DE 102015009359**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.01.2017 Patentblatt 2017/03

(73) Patentinhaber: **Diehl Defence GmbH & Co. KG
88662 ÜBERLINGEN (DE)**

(72) Erfinder:
• **Nolte, Arne**
88696 Owingen (DE)
• **Masur, Michael**
DE - 88662 Überlingen (DE)

- **Groß, Michael**
DE - 88682 Salem (DE)
- **Künzner, Nicolai**
DE - 88677 Markdorf (DE)
- **Kuhn, Thomas**
DE - 88633 Heiligenberg (DE)
- **Stelte, Norbert**
DE - 88662 Überlingen (DE)

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstraße 49
90478 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 752 681 WO-A1-02/14777
US-A- 4 471 683 US-A1- 2015 060 652

EP 3 118 567 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen von einer Laserquelle ausgehenden Laserstrahl.

[0002] Aus der WO 02/14777 A1 ist ein Verfahren zum Schützen eines Objekts vor einer Lasereinrichtung bekannt, bei welchem bei Detektion einer Laserstrahlung der Lasereinrichtung Retroreflektoren vom zu schützenden Objekt oder aus einer Umgebung desselben ausgestossen oder abgefeuert werden, um die Lasereinrichtung zu stören und gegebenenfalls zu beschädigen. Gemäß der EP 2 752 681 A1 wird zur Warnung eines Piloten eines Luftfahrzeugs vor auftretender Laserstrahlung das Luftfahrzeug mit einem Laserdetektions- und -warnsystem ausgestattet, welches ein Warnsignal ausgeben kann. Die US 4 471 683 A beschreibt ein Waffenstartsystem, das ein Pilot eines Luftfahrzeugs sprachgesteuert gegen eine Vielzahl gleichzeitig auftauchender Ziele aktivieren kann. Dabei ist die Markierung eines Ziels mit einem Laser vorgesehen und der Start eines Flugkörpers, der anhand der Markierung das Ziel anfliegen kann.

[0003] Mit Hochenergielasern lassen sich sehr hohe Leistungen über mehrere Kilometer und über eine längere Zeitdauer übertragen. Mit solchen Leistungen können empfindliche Teile von Fahrzeugen innerhalb von einigen Sekunden so schwer beschädigt oder zerstört werden, dass die Funktionsfähigkeit der Fahrzeuge gefährdet ist. So können beispielsweise Luftfahrzeuge vom Boden aus angegriffen werden, wobei insbesondere langsam fliegende Verkehrsflugzeuge mit verhältnismäßig geringer Manövrierfähigkeit besonders gefährdet sind.

[0004] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein wirkungsvolles Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen Laserstrahl anzugeben.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem erfindungsgemäß ein Lenkflugkörper vom Fahrzeug aus startet, ein Sensor des Lenkflugkörpers den Laserstrahl abtastet, insbesondere von außen abtastet, und der Lenkflugkörper geleitet vom Laserstrahl auf die Laserquelle zufliegt. Der Flugkörper kann das Fahrzeug abschatten und/oder die Laserquelle anfliegen und bekämpfen. Dies geschieht zweckmäßigerweise so zügig, dass die am Fahrzeug deponierte Laserenergie noch nicht zu bedrohlichen Schäden geführt hat. Ein schneller Schutz kann durch das Starten des Flugkörpers vom Fahrzeug aus erreicht werden, da dann der Flugkörper bereits vor Ort ist und zur Abschattung in den Laserstrahl eintauchen und/oder zur Bekämpfung der Laserquelle zügig auf diese zufliegen kann. Insbesondere im letzteren Fall ist der Flugkörper zweckmäßigerweise mit einem Raketenmotor ausgerüstet. Der Lenkflugkörper kann bei einem Anflug auf die Laserquelle diese mittels eines Wirkteils mechanisch zerstören, beispielsweise durch eine kegelförmig nach vorne gerichtete Splitterladung.

[0006] Der Lenkflugkörper nutzt den Laserstrahl als Leitstrahl zum Ansteuern der Laserquelle. Die Lenkung bzw. Navigation des Lenkflugkörpers geschieht insofern unter Verwendung von Sensordaten, die aus einem Abtasten des Laserstrahls gewonnen wurden. Insbesondere wird der Laserstrahl als solches erkannt, und der Lenkflugkörper steuert auf das untere Ende des Laserstrahls zu. Alternativ oder zusätzlich kann ein Parameter des Laserstrahls, beispielsweise eine Streulichstärke, zur Navigation verwendet werden, beispielsweise indem die gemessene Streulichstärke beim Anflug konstant gehalten oder nach einem vorgegebenen Schema verarbeitet wird.

[0007] Das Verfahren ist besonders geeignet zum Einsatz gegen eine Hochenergielaserquelle beziehungsweise einen Hochenergielaserstrahl. Ebenfalls vorteilhaft ist eine Abwehr eines Störlasers. Der Lenkflugkörper umfasst zumindest einen für Laserstrahlung sensitiven Sensor, der die Laserstrahlung des Laserstrahls detektiert. Hierfür ist der Sensor zweckmäßigerweise in einem Strahlungsspektrum sensitiv, das üblicherweise für Hochenergielaser oder Störlaser verwendet wird. Um die Erkennung von Streustrahlung zu vereinfachen, kann das Spektrum, in dem der Sensor sensitiv ist, auf ein Band um eine Laserwellenlänge beschränkt werden, die üblicherweise für Hochenergielaser verwendet wird. Beispielsweise liegt das Band maximal ± 100 nm um die Wellenlänge von 3800 nm herum. Außerdem erkennt der Sensor zweckmäßigerweise für Laserstrahlung typische Charakteristiken, wie beispielsweise das Vorliegen von kohärenter Strahlung. Weiter ist es vorteilhaft, wenn der Sensor mittels bildverarbeitender Methoden einen Laserstrahl als solchen in der Umgebung erkennt, beispielsweise anhand von Streustrahlung. Hierfür ist der Sensor vorteilhafterweise ein Bildsensor mit beispielsweise einem Matrixdetektor.

[0008] Das Fahrzeug ist vorzugsweise ein Luftfahrzeug, und kann Starrflügler oder ein Drehflügler, wie ein Hubschrauber sein. Die Erfindung ist jedoch auch zum Schützen eines Landfahrzeugs oder eines Wasserfahrzeugs vorteilhaft anwendbar. Das Fahrzeug kann ein bemanntes oder unbemanntes Fahrzeug sein.

[0009] Es kann eine Steuereinheit mit einer oder mehreren Recheneinheiten umfassen, die im Fahrzeug an einer Stelle oder über das Fahrzeug verteilt sein können. Die Steuereinheit erkennt zweckmäßigerweise den Laserstrahl als solchen und leitet einen Start des Flugkörpers in Abhängigkeit vom Erkennungsergebnis ein. Ist ein Laserstrahl als solcher erkannt und ist er zudem als bedrohlich für das Fahrzeug eingestuft, so wird der Flugkörper vom Fahrzeug aus gestartet. Wird ein Laserstrahl nicht als solcher erkannt oder als nicht bedrohlich klassifiziert, unterbleibt das Starten des Flugkörpers zweckmäßigerweise.

[0010] Der Lenkflugkörper ist zweckmäßigerweise ein unbemannter Lenkflugkörper insbesondere mit einem Raketenmotor. Ebenfalls möglich ist ein Lenkflugkörper ohne einen eigenen Motor, beispielsweise in Form eines

Lenkgeschosses. Der Lenkflugkörper umfasst zweckmäßigerweise eine Steuereinheit, die den Lenkflugkörper zur Laserquelle hin lenkt.

[0011] Der Lenkflugkörper fliegt zur Laserquelle hin und nutzt hier den Laserstrahl zweckmäßigerweise als Leitstrahl zum Ansteuern der Laserquelle. Generell stehen hierfür mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

[0012] In einer ersten Möglichkeit nimmt ein Sensor des Fahrzeugs oder ein Sensor des Flugkörpers ein Bild des Laserstrahls auf. Mittels bildverarbeitender Methoden kann hieraus der Standort der Laserquelle des Laserstrahls ermittelt werden. Beispielsweise wird aus dem Bild eine gerade Linie des Laserstrahls in der Umgebung bestimmt und ein definiertes Ende des Laserstrahls beziehungsweise der Linie wird bestimmt. Dies kann durch eine Steuereinheit des Fahrzeugs oder eine Steuereinheit des Lenkflugkörpers geschehen. Dieses Ende kann als Ort der Laserquelle bestimmt bzw. definiert werden, und der Lenkflugkörper kann diese Position ansteuern. Aus weiteren Parametern, beispielsweise, dass das Ende ein unteres Ende ist oder das Ende ein abruptes Ende ist, wohingegen der Laserstrahl in die andere Richtung kontinuierlich schwächer wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Laserquelle an diesem Strahlende angeordnet ist. Entsprechend kann dieser Ort für die Lenkung des Lenkflugkörpers verwendet werden, der das Ende des Laserstrahls beziehungsweise den Ort anfliegt. Der Ort der Laserquelle kann vom Fahrzeug aus ermittelt und dem Lenkflugkörper übergeben werden. Der Ort kann alternativ oder zusätzlich vom Lenkflugkörper ermittelt werden.

[0013] Diese erstere Möglichkeit ist besonders geeignet zum Einweisen des Lenkflugkörpers in einer ersten Flugphase zur Laserquelle hin. Hierfür nimmt in einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ein Sensor des Fahrzeugs oder ein Sensor des Flugkörpers ein Bild des Laserstrahls auf. Aus dem Bild kann eine gerade Linie des Laserstrahls in der Umgebung bestimmt werden. Insbesondere wird ein definiertes Ende des Laserstrahls beziehungsweise der Linie bestimmt. Entsprechend kann der Lenkflugkörper das Ende des Laserstrahls anfliegen.

[0014] In einer zweiten Möglichkeit wird die Stärke von aus der Laserquelle in direkter Linie zum Flugkörper emittierte Strahlung als Messgröße aufgenommen. Ein Sensor wird auf die Laserquelle gerichtet und nimmt die von der Laserquelle in direkter Linie auf den Sensor geworfene Laserstrahlung auf. Durch Beugung und Streuung in der Laserquelle wird der Laserstrahl zu einem geringen Teil aufgeweitet, wobei die detektierte Laserintensität mit zunehmender Nähe zum Laserstrahl, also mit abnehmendem Winkel zur Raumrichtung des Laserstrahls, zunimmt. Ein Ansteigen der gemessenen Intensität der Laserstrahlung ist daher ein Zeichen für eine Annäherung an den Laserstrahl. Diese Methode erfordert eine Vorwärtssensorik, die den Nachteil aufweist, dass sie vom Laserstrahl direkt getroffen und zerstört werden kann. Ein Eintauchen in den Laserstrahl sollte

daher vermieden werden.

[0015] Eine dritte Möglichkeit basiert auf der Messung von gestreuter Laserstrahlung. Die Laserstrahlung wird an der Luft, an Partikeln und/oder an einem Gegenstand teilweise räumlich gestreut, sodass der Laserstrahl in der Landschaft sichtbar ist. Diese Intensität der Streustrahlung kann gemessen werden und nimmt mit abnehmender Entfernung zum Laserstrahl zu. Die Intensität kann als Steuergröße zur Lenkung des Lenkflugkörpers verwendet werden. Diese Methode hat den Vorteil, dass an der Umgebungsluft gestreute Laserstrahlung mit einer Seitwärtssensorik oder Rückwärtssensorik detektierbar ist, die beide nach vorne hin geschützt werden können und dann nach vorne blind sind. Unter einer Seitwärtssensorik wird im Folgenden eine ausschließlich in eine Seitenrichtung relativ zur Längsachse des Flugkörpers gerichtete Sensorik verstanden, die also nicht in Flugrichtung ausgerichtet ist, und eine Rückwärtssensorik ist genau entgegen der Flugrichtung des Lenkflugkörpers gerichtet, in der Regel auch in Seitenrichtung, jedoch ebenfalls nicht nach vorne.

[0016] Zur Messung von in der Luft gestreuter Laserstrahlung erfasst ein nach vorne blinder Sensor in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung den Laserstrahl aus einer Seitenansicht. Eine Steuerung des Lenkflugkörpers geschieht zweckmäßigerweise anhand der derart aufgenommenen Sensorergebnisse, beispielsweise anhand einer Strahlungsstärke.

[0017] Der Lenkflugkörper kann eine Vorwärtssensorik aufweisen, also einen oder mehrere Sensoren, deren Blickrichtung nach vorne, also in Flugrichtung des Lenkflugkörpers gerichtet ist oder richtbar ist. Ein angeflogenes Objekt kann sensorisch abgetastet werden und ein erfasstes Ziel kann exakt angeflogen werden. Der Sensor kann ein Schwerpunktsensor sein, der ein strahlendes Objekt hinsichtlich seiner Ausrichtung relativ zur Längsachse des Lenkflugkörpers erkennt, das Objekt jedoch nicht in einem Bild auflöst. Aus einem Schwerpunktsensor können Lenksignale besonders einfach generiert werden. Ebenfalls möglich ist ein Bildsensor, also ein zweidimensional auflösender Sensor, beispielsweise mit einem Matrixdetektor. Mit diesem kann das erfasste Objekt bildlich aufgelöst und nicht nur hinsichtlich seiner Lage sondern auch hinsichtlich seiner Geometrie bestimmt werden.

[0018] Eine Vorwärtssensorik ist durch einen direkt in die Sensorik einfallenden Laserstrahl besonders verwundbar. Um sensorische Eigenschaften auch bei direktem Treffer des Flugkörpers durch den Laserstrahl zu erhalten, weist der Lenkflugkörper vorteilhafterweise eine Seitwärtssensorik und/oder eine Rückwärtssensorik auf. Bei einem nach vorne blinden Sensor, der also nicht in Flugrichtung beziehungsweise in Richtung der Längsachse des Lenkflugkörpers nach vorne gerichtet werden kann, kann keine von vorne auf den Lenkflugkörper treffende Laserstrahlung den Sensor auf direktem Wege erreichen. Er ist hierdurch vor von vorne einfallender Laserstrahlung zumindest weitgehend geschützt. Ebenfalls

möglich ist eine nach vorne abblendbare Vorwärtssensorik, die beispielsweise durch ein Abblendmittel abdeckbar oder aus der Vorwärtsrichtung heraus verschwenkbar ist, sodass sie durch das Verschwenken nach vorne hin geschützt ist.

[0019] Besonders vorteilhaft umfasst der Lenkflugkörper eine Vorwärtssensorik und eine zusätzliche Seitwärts- und/oder Rückwärtssensorik. Auf diese Weise kann nicht nur ein großer Umraum um den Lenkflugkörper sensorisch überwacht werden, sondern die Sensoren können nacheinander verwendet werden, sodass einer der Sensoren erst dann sensorisch verwendet wird, wenn der andere Sensor ausgeschaltet oder zerstört ist.

[0020] Vorteilhafterweise umfasst der Lenkflugkörper einen ersten Sensor an einem Lenkflugkörperkopf und einen zweiten Sensor an einem Rumpfbereich des Lenkflugkörpers. Unter "an" ist hierbei auch "in" zu verstehen. Der Sensor am Lenkflugkörperkopf ist zweckmäßigerweise Teil einer Vorwärtssensorik und der zweite Sensorteil einer Seitwärts- oder Rückwärtssensorik. Vorteilhaft ist es auch, wenn der zweite Sensor im Rumpfbereich ebenfalls Teil einer Vorwärtssensorik ist, da dann beide Sensoren beispielsweise nacheinander für die Vorwärtsdetektion eingesetzt werden können. So kann beispielsweise zunächst der Rumpfsensor Laserstrahlung detektieren, wohingegen der Kopfsensor abgeschattet ist. Wird der Rumpfsensor durch einen Lasertreffer zerstört, so kann der Kopfsensor nach vorne aktiviert werden, sodass der Weiterflug auch sensorisch steuerbar ist. Ebenfalls möglich und vorteilhaft ist es, wenn der Kopfsensor erst im Endgame nach vorne aktiviert wird, wenn also eine besonders genaue Richtungssteuerung zur treffsicheren Lenkung des Lenkflugkörpers ins Ziel notwendig ist. Vor dem Endgame, das durch eine vorbestimmte Strecke bis zum Ziel festgelegt sein kann, beispielsweise 500 m bis zum Ziel, ist zweckmäßigerweise nur ein Rumpfsensor aktiv, sodass eine Beschädigung des Kopfsensors durch einen Lasertreffer verhindert wird. Der Rumpfsensor kann beispielsweise an einer Finne des Lenkflugkörpers positioniert sein.

[0021] Weiter ist es vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper zwei hintereinander angeordnete Sensoren in einem Lenkflugkörperkopf aufweist. Es kann zunächst der vordere Sensor Laserstrahlung detektieren, und nach einem Defekt des vorderen Sensors kann der hintere Sensor aktiviert werden. Hierfür wird der vordere Sensor beispielsweise zur Seite bewegt, sodass der Blick des hinteren Sensors nach vorne frei wird, oder der vordere Sensor wird mit einem Kopfelement abgeworfen, sodass der Blick des zweiten Sensors nach vorne frei wird. Die beiden Sensoren müssen hierbei nicht genau in Flugrichtung hintereinander angeordnet sein. Es ist ausreichend, wenn der vordere Sensor weiter vorne und der hintere weiter hinten ist als der vordere Sensor.

[0022] Ein guter Schutz eines Sensors gegen einfallende Laserstrahlung kann außerdem erreicht werden, wenn der Sensor während einer Flugphase innerhalb des Lenkflugkörpers angeordnet ist und während des Flugs

in eine Sichtposition ausgefahren wird, insbesondere durch eine Außenhülle des Lenkflugkörpers ausgefahren wird, sodass also hierdurch das Sichtprofil des Lenkflugkörpers von vorne vergrößert wird. Der Sensor kann an einer Finne, an einer Halterung, an einer Klappe oder dergleichen befestigt sein, die aus dem Rumpf oder dem Kopf des Lenkflugkörpers ausfährt.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Sensor des Lenkflugkörpers durch eine Abdeckung aus einem Sichtzustand in einen blinden beziehungsweise abgedeckten Zustand gebracht. Droht Gefahr durch einen einfallenden Laserstrahl, kann der Sensor hierdurch geschützt werden. Zweckmäßigerweise geschieht das Abdecken in Abhängigkeit von der Entfernung des Laserstrahls zum Lenkflugkörper. Wird der Laserstrahl beispielsweise in Richtung zum Lenkflugkörper geschwenkt, und dies wird frühzeitig erkannt, so kann der Sensor abgedeckt und hierdurch geschützt werden. Die Entfernung kann als absolute Entfernung oder als relative Entfernung bestimmt werden, beispielsweise durch das Ansteigen einer Streustrahlungsintensität auf beziehungsweise über einen vorbestimmten Wert. Steigt beispielsweise die Streustrahlungsintensität innerhalb von weniger als 500 ms auf mehr als das Doppelte an, kann dies als Annäherung des Laserstrahls an den Lenkflugkörper bewertet und der Sensor abgedeckt werden.

[0024] Die Schwenkung eines Laserstrahls auf den Lenkflugkörper kann extrem schnell erfolgen. Es besteht hierdurch die Gefahr, dass der Laserstrahl einen Sensor trifft, bevor der Sensor abgedeckt ist. Ein besonders schneller Schutz des Sensors kann erreicht werden, wenn die Abdeckung einen insbesondere intensitätsabhängigen Filter und eine mechanische Abdeckung aufweist. Der Filter hat den Vorteil, dass er besonders schnell aktivierbar ist, jedoch gegen starke einfallende Laserstrahlung nicht ausreichend schützt. Der Schutz kann jedoch groß genug sein, um die Überlebenszeit des Sensors für eine solche Zeitdauer zu gewährleisten, in der die mechanische Abdeckung schließt. Auf diese Weise wird der Sensor zuerst durch den Filter und dann durch die schließende mechanische Abdeckung geschützt. Insofern ist es vorteilhaft, dass zur Abblendung erst der Filter einer Abschattung des Sensors erzeugt und danach die Abdeckung in den Detektionsbereich des Sensors bewegt wird.

[0025] Um die Lenkung eines Weiterflugs zu erleichtern, ist es vorteilhaft, wenn die Sensoreinheit während des Flugs bei abgedecktem Sensor blinzelt. Dies kann geschehen, indem die Abdeckung den Detektionsbereich des Sensors teilweise oder zumindest indirekt freigibt. Dies kann durch teilweises Öffnen der Abdeckung erfolgen, sodass ein Teilsichtbereich nach vorne frei wird. Oder die Öffnung lässt zwar keinen Sichtbereich nach vorne zu, einfallende Laserstrahlung wird jedoch indirekt zum Sensor gelenkt, sodass aus dieser bestimmt werden kann, ob der Laser noch auf den Lenkflugkörper gerichtet ist. Eine besonders sichere Möglichkeit besteht

darin, dass ein nach vorne abgedeckter Blinzelsensor auf eine Abdeckung einfallende Energie misst, beispielsweise durch eine Temperaturveränderung der Abdeckung, und daraus eine direkte Bestrahlung durch den Laserstrahl erfasst bzw. darauf geschlossen wird.

[0026] Eine Verteidigungsmöglichkeit des Lasersystems besteht darin, dass ein anfliegender Lenkflugkörper erkannt und der Laser abgeschaltet wird. Der Lenkflugkörper verliert seine Zielführung und fliegt gegebenenfalls am Lasersystem vorbei. Eine einmal aktivierte Laserquelle stellt jedoch auch nach Abschalten des Laserstrahls eine Wärmequelle dar, die durch einen Infrarotsensor detektiert werden kann. Eine nachfolgende Navigation kann insofern dadurch unterstützt werden, dass der Lenkflugkörper bei abgeschaltetem Laserstrahl eine Wärmequelle der Laserquelle detektiert. Um eine Verwechslung der Ziele zumindest weitgehend zu vermeiden, ist es außerdem vorteilhaft, wenn das Muster der Wärmequelle mit Daten einer Datenbank verglichen wird, sodass die Wärmequelle als Laserquelle identifiziert wird. Bei erfolgreichem Vergleich kann der Lenkflugkörper die Wärmequelle anfliegen. Der Vergleich ist dann erfolgreich, wenn das Muster der Wärmequelle mit den Daten in vorgegebenem Maße übereinstimmt.

[0027] Ebenfalls dem Schutz des Lenkflugkörpers beziehungsweise dessen Sensorik ist es zuträglich, wenn der Lenkflugkörper einen Abstand vom Laserstrahl hält, der zumindest einen vorbestimmten Sicherheitsabstand beträgt, und in minimal diesem Abstand an dem Laserstrahl entlang fliegt. Der Sicherheitsabstand wird hierbei zweckmäßigerweise stets überschritten, so lange, bis der Lenkflugkörper einen vorbestimmten Abstand zur Laserquelle erreicht hat und diese nun direkt ansteuern kann. Der Sicherheitsabstand kann von vorne herein und absolut vorbestimmt sein oder von Parametern abhängen, zum Beispiel einer Laserstärke, und während des Flugs bestimmt werden.

[0028] Zum Abblenden eines Sensors oder zum Steuern von Ausweichbewegungen ist es vorteilhaft, wenn eine Entfernung oder eine Veränderung der Entfernung vom Lenkflugkörper zum Laserstrahl erkannt wird. Die Stärke der detektierten Streustrahlung kann als Maß für die Entfernung verwendet werden. Insofern kann der Lenkflugkörper eine Annäherung des Laserstrahls aus einem Ansteigen der detektierten Strahlungsstärke erkennen. Generell kann eine Strahlungsintensität mit der Entfernung zum Laserstrahl oder genauer: zu dessen Längsachse, korreliert werden. Beispielsweise wird eine Streustrahlungsflanke erkannt, bei der die Strahlungsstärke stark ansteigt. Hieraus kann bestimmt werden, dass sich der Lenkflugkörper in der Nähe zur Symmetrieachse des Laserstrahls bewegt.

[0029] Zum Schutz des Lenkflugkörpers beziehungsweise dessen Sensorik ist es vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper dem Laserstrahl ausweicht. Nähert sich dieser beispielsweise dem Lenkflugkörper näher als ein Sicherheitsabstand an, so kann eine Ausweichsteuerung begonnen werden. Hierbei wird zweckmäßigerweise auch

bestimmt, aus welcher Richtung sich der Laserstrahl dem Lenkflugkörper annähert. Die Ausweichbewegung wird zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von der Annäherungsrichtung durchgeführt.

[0030] Auch mit einem hochagilen Lenkflugkörper kann nicht die Agilität eines Laserstrahls im Raum erreicht werden. Eine Flucht vor dem Laserstrahl kann begünstigt werden, wenn eine Ausweichrichtung des Lenkflugkörpers abhängig von der Entfernung und/oder der Annäherungsgeschwindigkeit des Laserstrahls zum Lenkflugkörper ist. So ist es beispielsweise sinnvoll, dass der Lenkflugkörper bei einer schnellen Annäherung, also bei einer Annäherungsgeschwindigkeit oberhalb eines Grenzwerts, quer zur Annäherungsrichtung ausweicht. Dies muss vom Lasersystem erst erkannt werden, bevor der Laser nachgeführt werden kann. Bei einer langsamen Annäherung kann es hingegen sinnvoll sein, dass der Lenkflugkörper durch den Laserstrahl hindurchtaucht. Er lenkt hierbei zweckmäßigerweise zum Laserstrahl hin, sodass eine Verweilzeit im Laserstrahl verkürzt wird.

[0031] Um unnötige Ausweichmanöver zu vermeiden, ist es vorteilhaft, dass ein Beginnen eines Ausweichflugs abhängig von der Bewegung des Laserstrahls gemacht wird. So kann die Laserquelle bei ruhigem Laserstrahl direkt angefliegen werden, ohne dass ein Ausweichmanöver die Ankunft bei der Laserquelle verzögert.

[0032] Während Lenkbewegungen des Lenkflugkörpers einer gewissen Trägheit unterworfen sind, kann ein Laserstrahl mit vernachlässigbarer Trägheit des Lasersystems im Raum hin- und hergeschwenkt werden. Allerdings muss zum Nachführen des Laserstrahls eine Ausweichbewegung des Lenkflugkörpers bildhaft erfasst und die Nachföhrbewegung errechnet werden. Hieraus resultiert ein gewisser Zeitverzug von der Lenkbewegung bis zum Nachführen des Laserstrahls. Dieser Zeitverzug kann groß gehalten werden, wenn der Lenkflugkörper in einer erratischen Flugbahn relativ zur Ausrichtung des Laserstrahls fliegt. Eine erratische Flugbahn kann zufällige Lenkbewegungen aufweisen, die also unter Verwendung eines Zufallsgenerators durchgeführt werden, und die zweckmäßigerweise frei von gängigen geometrischen Mustern sind. Anstelle oder zusätzlich zur erratischen Flugbahn ist eine Helixbahn um den Laserstrahl vorteilhaft. Die Helixbahn - gegebenenfalls durch den erratischen Flug verzerrt beziehungsweise verzittert - erfordert komplexe Schwenkbewegungen des Laserstrahls relativ zur durchgeführten Lenkbewegung des Lenkflugkörpers.

[0033] Je nach Strahlkraft und rechnerischen Fähigkeiten des Lasersystems ist es vorteilhaft, wenn dieses mit mehreren Lenkflugkörpern angegriffen wird. Diese werden zweckmäßigerweise alle vom gleichen Fahrzeug gestartet und fliegen die Laserquelle an. Um einen möglichst konzertierten Angriff zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper Daten mit weiteren, die Laserquelle anfliegenden Lenkflugkörpern austauscht. So kann beispielsweise die Position der Laserquelle

und/oder eine Anflugrichtung auf die Laserquelle ausgetauscht werden. Auf diese Weise kann ein Raumwinkelabstand aus Sicht der Laserquelle zwischen den Lenkflugkörpern vergrößert werden, sodass ein Ausrichten des Laserstrahls auf die Flugkörper erschwert wird.

[0034] Ein zuverlässiges Eintreffen des Lenkflugkörpers an der Laserquelle kann begünstigt werden, wenn die Laserquelle durch einen Strahler angestrahlt wird. Der Lenkflugkörper kann die Anstrahlstelle an der Laserquelle oder in der Umgebung der Laserquelle erkennen, und der Lenkflugkörper kann sich in seinem Flug an der Anstrahlstelle orientieren. Eine Möglichkeit ist beispielsweise ein semiaktives Laserverfahren, auch SAL-Verfahren genannt. Der Strahler kann im Fahrzeug angeordnet sein, das den Lenkflugkörper hierdurch führt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass der Strahler in einem Lenkflugkörper angeordnet ist, der beispielsweise hinter einem anderen Lenkflugkörper angeordnet ist, dessen sensorische Fähigkeiten beispielsweise anders oder geringer sind. Beispielsweise wird die Laserquelle von einem Lenkflugkörper angestrahlt, und ein oder mehrere andere Lenkflugkörper orientieren sich an der Anstrahlstelle.

[0035] Die Erfindung ist außerdem gerichtet auf einen Lenkflugkörper mit einem Lenksystem und einem Sensor zum Detektieren von Laserstrahlung eines Laserstrahls. Um ein Fahrzeug wirkungsvoll vor einem Angriff durch einen Laserstrahl zu schützen, umfasst der Lenkflugkörper erfindungsgemäß eine Steuereinheit, die dazu vorbereitet ist, den Lenkflugkörper unter Nutzung des Laserstrahls als Leitstrahl auf die Laserquelle hin zu lenken.

[0036] Die bisher gegebene Beschreibung vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung enthält zahlreiche Merkmale, die in einigen abhängigen Ansprüchen zu mehreren zusammengefasst wiedergegeben sind. Diese Merkmale können jedoch zweckmäßigerweise auch einzeln betrachtet und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammengefasst werden, insbesondere bei Rückbezügen von Ansprüchen, sodass ein einzelnes Merkmal eines abhängigen Anspruchs mit einem einzelnen, mehreren oder allen Merkmalen eines anderen abhängigen Anspruchs kombinierbar ist. Außerdem sind diese Merkmale jeweils einzeln und in beliebiger geeigneter Kombination sowohl mit dem erfindungsgemäßen Verfahren als auch mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß den unabhängigen Ansprüchen kombinierbar. So sind Verfahrensmerkmale auch als Eigenschaften der entsprechenden Vorrichtungseinheit gegenständlich formuliert zu sehen und funktionale Vorrichtungsmerkmale auch als entsprechende Verfahrensmerkmale.

[0037] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich in Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Er-

findung und beschränken die Erfindung nicht auf die darin angegebene Kombination von Merkmalen, auch nicht in Bezug auf funktionale Merkmale. Außerdem können dazu geeignete Merkmale eines jeden Ausführungsbeispiels auch explizit isoliert betrachtet, aus einem Ausführungsbeispiel entfernt, in ein anderes Ausführungsbeispiel zu dessen Ergänzung eingebracht und/oder mit einem beliebigen der Ansprüche kombiniert werden.

[0038] Es zeigen:

FIG 1 ein Luftfahrzeug mit Lenkflugkörpern zur Verteidigung gegen einen Angriff durch ein Lasersystem,

FIG 2 einen der Lenkflugkörper mit mehreren Sensoren zum Detektieren von Laserstrahlung,

FIG 3 eine Verteidigung des Fahrzeugs durch einen Lenkflugkörper,

FIG 4 ein Diagramm der Intensität der von einem Sensor des Lenkflugkörpers gemessenen Laserstrahlung in Abhängigkeit von der Entfernung des Flugkörpers vom Laserstrahl,

FIG 5 eine konzertierte Verteidigung des Fahrzeugs durch mehrere Lenkflugkörper und

FIG 6 einen Revolversensor des Lenkflugkörpers.

[0039] FIG 1 zeigt ein Fahrzeug 2 in Form eines Luftfahrzeugs, das in diesem Beispiel als Verkehrsflugzeug zum Transport von Passagieren oder Luftfracht ausgeführt ist. In einer Landschaft 4, über die das Fahrzeug 2 fliegt, ist ein Lasersystem 6 positioniert, das in dem in FIG 1 dargestellten Moment einen Laserstrahl 8, der durch eine Laserquelle 10 erzeugt wird, in den Himmel richtet. Das Lasersystem 6 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel am Boden platziert und unbeweglich. Es ist jedoch auch möglich, dass das Lasersystem 6 beweglich ist und beispielsweise in einem Luftfahrzeug montiert ist. Alle im Folgenden beschriebenen und auf die Laserquelle 10 bezogenen Details sind dann entsprechend auf die Beweglichkeit bzw. Höhe über dem Boden anzupassen.

[0040] Das Lasersystem 6 ist ein Hochenergielasersystem, das den Laserstrahl 8 vorwiegend im infraroten Spektralbereich aussendet, beispielsweise bei 3,8 μm , wobei der Laserstrahl 8 über eine Distanz von mehreren Kilometern genügend Energie transportiert, um empfindliche Teile des Luftfahrzeugs zu zerstören und hierdurch dessen Flugfähigkeit akut zu gefährden. Das Lasersystem 6 dient zum Bekämpfen von Luftfahrzeugen und weist eine Steuereinheit auf, die den Laserstrahl 8 auf das Fahrzeug 2 schwenkt und den Laserstrahl 8 automatisiert der Bewegung des Luftfahrzeugs 2 nachführt. In der Steuereinheit ist eine lasersensitive Stelle des Fahrzeugs 2 hinterlegt, auf die der Laserstrahl 8 mittels bildverarbeitender Methoden automatisch gerichtet wird,

um die im Lasersystem 6 bildhaft hinterlegte Stelle des Luftfahrzeugs 2 über einen Zeitraum von einigen Sekunden zu bestrahlen und hierdurch zu zerstören.

[0041] Anstelle des Hochenergielasersystems 6 kann ein Designatorlasersystem bzw. Markierlasersystem bekämpft oder gestört werden, das das Fahrzeug 2 anleuchtet, um einen Lenkflugkörper in das Fahrzeug 2 zu steuern. Durch eine Abschattung des Fahrzeugs 2 und/oder eine Zerstörung der Laserquelle 10 kann diese Markierung gestört werden, so dass der angreifende Lenkflugkörper das Fahrzeug 2 nicht finden kann. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf ein stationäres Hochenergielasersystem 6, ohne dass damit eine Einschränkung auf dieses System verbunden wäre.

[0042] Zum Schützen des Fahrzeugs 2 weist dieses zumindest einen Lenkflugkörper 12 auf, wobei in FIG 1 zur Erläuterung mehrere Lenkflugkörper 12 dargestellt sind. Des Weiteren weist das Luftfahrzeug ein Sensorsystem 14 mit einer Mehrzahl von Sensoren 16 auf, die jeweils mit einer Steuereinheit 18 signaltechnisch verbunden sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Luftfahrzeug mit fünf Sensoren 16 ausgestattet, einer in der hinteren Hälfte des Rumpfs, einer in der vorderen Hälfte des Rumpfs, je einer an einem Flügel des Luftfahrzeugs und einem nach oben gerichteten Sensor 16 an der oberen Hälfte des Rumpfs des Luftfahrzeugs.

[0043] Zum Schutz des Luftfahrzeugs überwachen die Sensoren 16 des Sensorsystems 14 aktiv den Luftraum nach Laserstrahlung. Die Sensoren 16 umfassen jeweils einen Bildsensor hinter einer 180°-Optik, sodass die Szenerie einer Halbkugel des Umraums auf ein lasersensitives Element abgebildet wird. Hierdurch kann ein Bild des Laserstrahls 8 in der Umgebung aufgenommen werden, und hieraus können weitere Informationen zum Laserstrahl 8 ermittelt werden, wie Geometrie, Lage und Intensität des Laserstrahls. Aus der Geometrie erkennt die Steuereinheit 18 des Sensorsystems 14 insbesondere mittels bildverarbeitender Methoden den Laserstrahl 8 als solchen. Als geometrische Merkmale können verwendet werden, dass der Laserstrahl 8 als gerader Strich in der Landschaft gesehen wird. Außerdem weist er ein scharf begrenztes Ende an der Laserquelle 10 auf. An seinem anderen Ende wird der Laserstrahl jedoch - sofern er nicht auf einen Gegenstand trifft - immer schwächer, wie in FIG 1 dargestellt ist, sodass ein definiertes Ende nicht ohne weiteres ermittelbar ist. Auch dieses Merkmal des oberen Abschwächens der Laserstrahlung kann zur Lasererkennung genutzt werden.

[0044] Aus den geometrischen Daten des Laserstrahls 8 sowie dessen Spektrum und Strahlungsintensität klassifiziert die Steuereinheit 18 den Laserstrahl 8 zunächst in die drei Stufen harmlos, potentiell gefährlich und gefährlich. Bei einer Klassifikation in die Stufe harmlos wird der Laserstrahl 8 weiter beobachtet, jedoch wird die Laserquelle 10 nicht bekämpft. Bei einer Klassifikation in eine der beiden anderen Stufen wird eine Abschattung und/oder Bekämpfung vorbereitet. Hierzu wird ein Kanister 20, der zumindest einen der Flugkörper 12 beher-

bergt, in die Richtung der Laserquelle 10 verschwenkt. Diese Verschwenkbarkeit ist in FIG 1 durch den gekrümmten Doppelpfeil am Kanister 20 angedeutet. Bei einer Klassifizierung in die höchste der Bedrohungsklassen wird die Bekämpfung eingeleitet. Hierzu ist beispielsweise eine Freigabe eines Bedieners des Luftfahrzeugs 2, beispielsweise eines Piloten, notwendig. Diese wurde jedoch bereits vorab gegeben, beispielsweise weil bekannt ist, dass das Luftfahrzeug durch eine potentiell gefährliche Region fliegt.

[0045] Für eine Bekämpfung der Laserquelle 10 ist es vorteilhaft, wenn die Position der Laserquelle 10 bekannt ist. Diese ermittelt die Steuereinheit 18 beispielsweise aus der Geometrie des Laserstrahls 8. So kann an der Stelle des abrupten Endes des Laserstrahls 8 die Laserquelle 10 vermutet werden. Außerdem kann dem Laserstrahl 8 eine Richtung gegeben werden, zumindest eine grobe Richtung oben und unten, wobei die Laserquelle 10 nur an einem unteren Ende des Laserstrahls 8 positioniert ist. Auf diese Weise kann eine Richtung der Laserquelle 10 relativ zum Luftfahrzeug 2 ermittelt werden. Aus der Richtung und einer Flughöhe des Luftfahrzeugs und zweckmäßigerweise einer Topografie der überflogenen Landschaft, kann auch die Entfernung zwischen Luftfahrzeug und Laserquelle 10 bestimmt werden, insbesondere werden die absoluten geografischen Koordinaten der Laserquelle 10 bestimmt. Die Erkennung des Laserstrahls 8 erfolgt insofern durch eine Aufnahme des Laserstrahls 8 von der Seite, wobei aus dem Laserstrahl 8 an der Atmosphäre gestreute Laserstrahlung aufgenommen wird.

[0046] Für den Fall, dass der Laserstrahl 8 bereits auf das Luftfahrzeug 2 gerichtet ist und somit das undefinierte obere Ende nicht mehr als solches zu erkennen ist und der Laserstrahl 8 sowohl oben als auch unten ein abruptes Ende aufweist, kann die Ermittlung der Position der Laserquelle 10 durch einen anderen der Sensoren 16 des Sensorsystems 14 vorgenommen werden, beispielsweise durch einen Sensor 16 an einem Flügel des Luftfahrzeugs 2. Dieser erkennt den Laserstrahl 8 an sich und beide abrupte Enden, wobei die Steuereinheit 18 das untere abrupte Ende des Laserstrahls 8 als Standort der Laserquelle 10 auswählt. Ebenfalls möglich ist eine Positionsbestimmung der Laserquelle 10 mittels Triangulation. Sobald drei oder mehr Sensoren 16 den Laserstrahl 8 erkannt und dessen unteres abruptes Ende bestimmt haben, kann neben der Richtung der Laserquelle 10 auch deren Entfernung durch die bekannte Ausrichtung der Sensoren 16 am Luftfahrzeug 2 zueinander bestimmt werden.

[0047] Zum Schutz des Luftfahrzeugs wird nun zumindest ein Lenkflugkörper 12 vom Luftfahrzeug gestartet. Die Steuerung des Starts übernimmt die Steuereinheit 18 des Sensorsystems 14, die auch ein Teil einer zentralen Fahrzeugsteuerung des Fahrzeugs 2 sein kann.

[0048] FIG 2 zeigt einen der Lenkflugkörper 12, die in dem Kanister 20 im Fahrzeug 2 gelagert sind. Der Lenkflugkörper 12 weist Lenkflügel 22 auf, die von Aktuatoren

24 zum Lenken des Lenkflugkörpers 12 bewegt werden. Die Steuerung der Aktuatoren 24 erfolgt durch eine Steuereinheit 26 des Lenkflugkörpers 12. Angetrieben wird der Lenkflugkörper 12 durch einen Raketenmotor 28, insbesondere einen Festbrennstoffmotor, der hinter einem Wirkteil 30 angeordnet ist, der eine Sprengladung und einen Splitterteil aufweist, der bei einem Sprengen der Sprengladung kegelförmig nach vorne geschleudert wird. Die Zündung des Wirkteils 30 kann durch einen Aufschlagzünder oder einen Annäherungszünder erfolgen, der im Flugkörperkopf angeordnet ist.

[0049] Im Flugkörperkopf ist ein Sensor 32 angeordnet, der ein bildgebender Infrarotsensor ist. Der Sensor 32 umfasst eine Optik 34 und einen Detektor 36 in Form eines Matrixdetektors. Weiter ist ein Filter 38 zum Abschatten des Detektors 36 vorhanden. Der Detektor 36 ist auf einer nicht dargestellten Kühleinheit angeordnet und signaltechnisch mit der Steuereinheit 26 verbunden. Zum weiteren Schutz des Sensors 32 ist in dessen Detektionsbereich eine Abdeckung 40 angeordnet, die zwei zueinander bewegliche Schalenelemente umfasst, die federgetrieben gegeneinander bewegt werden. Sie verdecken den Detektionsbereich des Sensors 32 im geschlossenen Zustand vollständig und schirmen den Sensor 32 vor einfallender Laserstrahlung so weit ab, dass der Sensor 32 bei direkt vom Laserstrahl 8 beleuchteten Zustand über einen Zeitraum von zumindest 10 Sekunden hinter der Abdeckung 40 funktionsfähig bleibt. FIG 2 zeigt die beiden Elemente der Abdeckung 40 auch in geöffneter Position, die punktiert dargestellt ist. Der Detektionsbereich beziehungsweise das Gesichtsfeld des Sensors 32 führt durch die beiden geöffneten Elemente hindurch, sodass ein Bild der vor dem Lenkflugkörper 12 liegenden Szenerie gemacht werden kann.

[0050] Der Filter 38 ist ein intensitätsabhängiger Filter, der selbsttätig in Abhängigkeit von der Intensität der einfallenden Laserstrahlung undurchlässig wird. Übersteigt die Intensität einen Grenzwert, so wird der Filter 38 selbstständig undurchlässig und schützt hierdurch den dahinterliegenden Detektor 36 sehr schnell. Außerdem sendet der Filter 38 ein Signal an die Steuereinheit 26, die daraufhin unverzüglich die Abdeckung 40 schließt und so auch einen zusätzlichen mechanischen Schutz des Sensors 32 bewirkt.

[0051] Zusätzlich oder alternativ zum Sensor 32 umfasst der Lenkflugkörper einen oder mehrere der nachfolgend beschriebenen Sensoren 42, 44, 46, 48. Der Sensor 42 ist am Rumpf des Lenkflugkörpers 12 und insbesondere an einer Finne befestigt. Das Gesichtsfeld des Sensors 42 zeigt nach vorne, sodass es sich um eine Vorwärtssensorik handelt. Der Sensor 42 ist kein bildgebender Sensor, sondern misst die Intensität der einfallenden Laserstrahlung und ist auf ein Frequenzband von 50 nm um die Laserwellenlänge von 3,8 μm beschränkt. Liegt die Laserquelle 10 im Gesichtsfeld des Sensors 42, so wird die Intensität des einfallenden Laserlichts und damit ein Winkelabstand des Lenkflugkörpers 12 von der Ausrichtung des Laserstrahls 8 gemessen. Bei sich ver-

stärkender Intensität nähert sich der Lenkflugkörper 12 an den Laserstrahl 8 an und umgekehrt. Die Intensität wird als Sensorsignal an die Steuereinheit 26 gegeben, die hieraus Lenksignale zum Lenken des Lenkflugkörpers 12 generiert.

[0052] Der Sensor 44 ist ein Blitzersensor, der einen Erhitzungsverlauf misst. Trifft der Laserstrahl 8 den Lenkflugkörper 12 voll, so wird der Sensor 42 zerstört. Der Sensor 44 ist jedoch dazu ausgelegt, für einen Zeitraum von zumindest 30 Sekunden der direkten Laserbestrahlung standzuhalten und den Verlauf einer Erhitzung eines vorderen Teils des Sensors 44 zu messen. Verlässt der Lenkflugkörper 12 den Laserstrahl 8, so wird auch die entsprechende Abkühlung des Sensors 44 sehr schnell erfasst, sodass das Verlassen des Laserstrahls 8 von der Steuereinheit 26 als solches erfasst werden kann. Die Abdeckung 40 kann beispielsweise geöffnet und der sensorische Blick nach vorne wieder aufgenommen werden.

[0053] Der Sensor 46 ist ein weiterer optionaler Sensor, der dem Sensor 42 gleicht. Allerdings ist der Sensor 46 nicht fest zum Flugkörperperrumpf montiert, sondern an einer Finne 50 aus dem Rumpf herausfahrbar. In FIG 2 ist die eingefahrene Stellung des Sensors 46 durchgezogen und die ausgefahrene Stellung gestrichelt dargestellt. Der Sensor 46 wird ausgefahren, wenn beispielsweise der Sensor 42 zerstört ist. Der Sensor 46 wird alternativ oder zusätzlich nur dann ausgefahren, wenn der Sensor 44 die Abwesenheit des Laserstrahls 8 angibt.

[0054] Der Sensor 48 ist eine Seitwärtssensorik, also nach vorne blind, deren Gesichtsfeld mit zwei gestrichelten Linien dargestellt ist. Der Sensor 48 sitzt in einer Vertiefung 52 des Rumpfs des Lenkflugkörpers 12 und ist nach vorne hin abgeschattet. Der Sensor 48 bleibt auch dann funktionsfähig, wenn der Laserstrahl 8 den Lenkflugkörper 12 über einen Zeitraum von maximal 60 Sekunden von vorne trifft. Der Sensor 48 misst die Intensität der in der Luft gestreuten Laserstrahlung des Laserstrahls 8. Je näher der Laserstrahl 8 an den Lenkflugkörper 12 heranrückt, desto größer ist die gemessene Intensität, analog zu den Sensoren 42, 46. Wie bei den beiden vorgenannten Sensoren werden die Signale des Sensors 48 zur Lenkung des Lenkflugkörpers von der Steuereinheit 26 verarbeitet.

[0055] FIG 3 zeigt einen Flug des Lenkflugkörpers 12 zum Schützen des Fahrzeugs 2, die einzeln oder in Kombination durchgeführt werden können. In einem ersten Ausführungsbeispiel wird ein Flugkörper 12 in Form einer Lenkrakete gestartet. Dieser Flugkörper 12 wird aus dem Kanister 20 gestartet, beispielsweise durch einen Abwurf, einen Abschuss und/oder einen Start eines Raketenmotors des Flugkörpers 12. Da der Flugkörper 12 durch die Ausrichtung des Kanisters 20 auf die Laserquelle 10 bereits zur Laserquelle 10 hin ausgerichtet ist, können Umwege vermieden und der Flugkörper 12 in direkter Linie zur Laserquelle 10 gestartet werden. Alternativ zur Lenkrakete können auch andere Lenkflugkörper zum Einsatz kommen, beispielsweise lenkbare Ge-

schosse. Auch diesen ist eine Steuereinheit 26 zur Steuerung des gelenkten Flugs und ein Lenksystem 22, 24 zur Durchführung der Lenkung zugeordnet.

[0056] Die Steuerung des Flugkörpers 12 kann selbstständig durch die Steuereinheit 26 des Flugkörpers 12 erfolgen. Ebenso ist es möglich, dass die Steuerung durch die Steuereinheit 18 des Fahrzeugs 2 erfolgt, entweder zusätzlich oder selbstständig durch die Vorgabe entsprechender Kommandos an die Steuereinheit 26 des Flugkörpers 12. Auf diese Weise wird der Flugkörper 12 an oder in die Laserquelle 10 gesteuert, sodass diese zerstört wird. Kurz bevor der Flugkörper 12 die Laserquelle 10 erreicht, kann der Wirkteil 30 gezündet werden, der eine Splitterladung kegelförmig nach vorne schleudert und die Laserquelle 10 hierdurch zerstört.

[0057] Der Flug des Flugkörpers 12 wird zweckmäßigerweise durch den Laserstrahl 8 geführt. Hierzu kann dieser durch das Sensorsystem 14 des Luftfahrzeugs weiter beobachtet werden, und im Flugkörper 12 können entsprechende Steuersignale gegeben werden. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass der Flugkörper 12 den Laserstrahl 8 selbstständig als Flugführung verwendet und in Abhängigkeit von dessen Ausrichtung im Raum seinen eigenen Flug lenkt. Der Flugkörper 12 fliegt somit geführt vom Laserstrahl 8 selbstständig in die Laserquelle 10. Hierbei wird der Flug am Laserstrahl 8 entlang beziehungsweise in einem zweckmäßigerweise vorbestimmten Abstandsband am Laserstrahl 8 entlang geführt.

[0058] Insbesondere bei einer selbstständigen Steuerung des Flugkörpers 12 zur Laserquelle 10 ist die Übergabe einer Zielanweisung von der Steuereinheit 18 an die Steuereinheit 26 vorteilhaft. Hierdurch kann zumindest eine Grobnavigation im ersten Teil des Anflugs erheblich erleichtert werden.

[0059] Mehrere Verfahren zum Schützen des Fahrzeugs 2 sind im Folgenden anhand der FIG 3 bis 5 erläutert. Nach dem Erkennen des Laserstrahls 8 und der Lokalisierung der Laserquelle 10 durch das Sensorsystem 14 des Fahrzeugs 2 und der Klassifizierung des Laserstrahls 8 als bedrohlich wird der Flugkörper 12 aus dem Kanister 20 in Richtung zur Laserquelle 10 hin gestartet. Vor, während oder nach dem Start erfolgt eine Zielübergabe, beziehungsweise Einweisung des Fahrzeugs 2 an den Lenkflugkörper 12. Die Steuereinheit 18 übergibt sowohl die Koordinaten des Ziels als auch die Lage und Ausrichtung des Laserstrahls 8 an die Steuereinheit 26 des Lenkflugkörpers 12 mittels drahtloser Datenübertragung. Die Koordinaten sind hierbei absolute, geostationäre Koordinaten, wobei die Koordinatenfehler bei der Angabe der Position der Laserquelle 10 recht groß sein können, da diese vom Fahrzeug 2 nicht an sich erkannt werden konnten. Anhand dieser Grobeinweisung fliegt der Lenkflugkörper 12 zum Laserstrahl 8 hin, dessen Lage und Ausrichtung ihm grob bekannt ist.

[0060] Während des Anflugs wird die einfallende Strahlung in der Wellenlänge des Laserstrahls 8 vom Sensor 42 überwacht. Je näher der Lenkflugkörper 12

an den Laserstrahl 8 heranrückt, desto größer wird die erkannte Strahlungsintensität.

[0061] FIG 4 zeigt ein idealisiertes Strahlungsdiagramm, bei dem die Strahlungsintensität I über die Entfernung φ zum Laserstrahl 8, die in Winkelgraden angegeben ist, aufgetragen ist. Der Winkel bezieht sich auf den Winkel zwischen dem Laserstrahl 8 und einer geraden Linie von der Laserquelle 10 zum Lenkflugkörper 12, beziehungsweise dessen Sensor 42. Ein Winkel von 0° bedeutet hierbei, dass der Lenkflugkörper 12 innerhalb des Laserstrahls 8 fliegt, beziehungsweise direkt von ihm getroffen ist. Die Intensität I der auf den Sensor 42 einfallenden Laserstrahlung ist dann extrem hoch wie durch die Asymptote der in FIG 4 wiedergegebenen Intensitätsfunktion angedeutet ist.

[0062] Aufgetragen sind weiterhin drei Entfernungen d_1 , d_2 , d_3 , die für die Steuerung des Flugkörpers 12 relevant sind, sowie ein Abstandsband beziehungsweise Flugband D. Fliegt der Flugkörper 12 näher als der Abstand d_3 am Laserstrahl 12, so hat dies eine Zerstörung des offenen Sensors 32, insbesondere auch des Sensors 42, innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne, beispielsweise 500 ms, zur Folge. Bei Unterschreiten des Abstands d_2 blendet der Filter 38 ab und die Abdeckung 40 schließt. Die Entfernung d_1 ist der Sicherheitsabstand, außerhalb dessen der Flugkörper 2 seinen regulären Flugabstand zum Laserstrahl 8 hat. Das Abstandsband D zeigt den Korridor um den Laserstrahl 8 an, in dem sich der Lenkflugkörper 12 bei regulärem Flug und unter Leitung des Laserstrahls 8 aufhält. Das Abstandsband D und insbesondere die Abstände d_i werden aus dem gemessenen Verlauf der Strahlungsintensität I durch die Steuereinheit 26 berechnet.

[0063] Das Verhalten der Intensität I über die Flugzeit wird vom Sensor 42 in Verbindung mit der Steuereinheit 26 überwacht, und der Lenkflugkörper 12 steuert den Laserstrahl 8 so lange an, bis er innerhalb des Flugbands D ist. Ist das Flugband D erreicht, so umfliegt der Lenkflugkörper 12 den Laserstrahl in einer Helixbahn 54, die in FIG 3 angedeutet ist. In Abhängigkeit von der Bewegung des Laserstrahls 8 durch den Raum, beziehungsweise von dessen Verschwenkgeschwindigkeit, steuert die Steuereinheit 26 eine erratische Flugbahn additiv auf die Helixbahn, sodass ein Beleuchten des Lenkflugkörpers 12 durch den Laserstrahl 8 deutlich erschwert wird. Wird der Laserstrahl 8 jedoch nur der Bewegung des Fahrzeugs 2 nachgeführt so kann diese erratische Bahn unterbleiben. Anstelle der Helixbahn kann eine Bahn zum Laserstrahl 8 gewählt werden, die zumindest im Wesentlichen parallel zum Laserstrahl 8 verläuft und zur Laserabwehr zusätzlich erratische Bahnkomponenten aufweisen kann. Hierbei kann der Abstand zum Laserstrahl 8 zwischen einer ersten Annäherungsphase und dem abschließenden Endgame zumindest im Wesentlichen konstant bleiben. Oder die Bahn nähert sich kontinuierlich dem Laserstrahl 8 an, beispielsweise so, dass der Winkel zwischen Bahn und Laserstrahl 8 - aus Sicht der Laserquelle 8 - konstant bleibt, so dass der Lenkflugkörper

per in gerader Linie auf diese zufliegt.

[0064] Erreicht der Lenkflugkörper 12 das Endgame 56, das vor einem vorbestimmten Abstand zur Laserquelle 10 an beginnt, beispielsweise in einem Abstand von 300 Metern, so wird die Helixbahn 54 beendet und ein direkter Anflug auf die Laserquelle 10 gesteuert. Alternativ zum vorbestimmten Abstand kann eine erfolgreiche Zielerfassung durch den Sensor 32 verwendet werden. Dieser öffnet, beziehungsweise beginnt seine Detektion, wenn der Lenkflugkörper 12 ein vorbestimmtes Flugstadium erreicht hat, dessen Beginn ein Abstand zur Laserquelle 10, eine Position relativ zur Laserquelle 10 oder eine andere Größe markieren kann, die beispielsweise vom Fahrzeug 2 vorgegeben ist. Ist beispielsweise deutlich, dass die Laserquelle 10 sehr zügig durch den Lenkflugkörper 12 erkennbar sein müsste, da sie kaum getarnt oder verdeckt ist, so kann dieser Flugstatus sehr zügig erreicht werden. Erkennt das Fahrzeug 2 beziehungsweise dessen Sensorsystem 14 jedoch, dass die Laserquelle 10 schwer zu erkennen ist, beispielsweise weil sie durch eine Geländeerhebung noch verdeckt ist und der Laserstrahl das Fahrzeug 2 zwar noch nicht trifft, allerdings schon erkannt werden kann, wie in FIG 1 angedeutet ist, so wird dieser Flugstatus erst später vom Fahrzeug 2 gesetzt.

[0065] Zum entsprechenden Zeitpunkt oder beim Erreichen der entsprechenden Position öffnet die Abdeckung 40, und der Sensor 32 hat freie Sicht auf die Laserquelle 10. Die Position der Laserquelle 10 wird als absolute Position oder als Relativposition relativ zum Lenkflugkörper 12 bestimmt und die Steuereinheit 26 bestimmt, wann das Endgame 56 beginnt. Erreicht der Lenkflugkörper 12 einen Sprengabstand von einigen Metern zur Laserquelle 10, so wird der Wirkteil 30 gezündet und die Sprengladung in Form einer kegelförmigen Splitterladung zur Laserquelle 10 geschleudert, und diese wird hierdurch zerstört.

[0066] Ein Anflug des Lenkflugkörpers 12 auf das Lasersystem 6 kann durch das Lasersystem 6 selbst erkannt werden, und das Lasersystem 6 kann Abwehrmaßnahmen steuern. Beispielsweise wird der Laserstrahl 8 direkt auf den Lenkflugkörper 12 gerichtet zur Zerstörung von steuerungsrelevanten Einheiten des Lenkflugkörpers 12. Wird beispielsweise durch eine solche Laserabwehr der Sensor 42 zerstört, so bewacht der Sensor 44 die Beleuchtung des Lenkflugkörpers 12 durch den Laserstrahl 8. Durch eine gewisse Trägheit des Sensors 44 gibt dieser die Sensorik des Lenkflugkörpers 12 erst wieder frei, wenn der Lenkflugkörper 12, beziehungsweise der Sensor 44 eine Weile nicht vom Laserstrahl 8 beleuchtet wurde. Hierdurch kann eine Sensorfreigabe durch ein kurzzeitiges Austreten und wieder Eintreten des Lenkflugkörpers 12 in den Laserstrahl 8 vermieden werden.

[0067] Gibt der Sensor 44 die Sensorik frei, so fährt die Finne 50 mit dem Sensor 46 aus und übernimmt die Überwachungsaufgabe des zerstörten Sensors 42. Im Übrigen kann das Verfahren wie oben beschrieben wei-

tergeführt werden.

[0068] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass zusätzlich oder alternativ zum Sensor 46 der Sensor 48 Streustrahlung aus dem Laserstrahl 8 überwacht. Auch diese verhält sich in ihrer Intensität analog zum Intensitätsverlauf aus FIG 4, sodass auch aus der Streustrahlungsintensität der Abstand des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 bestimmt werden kann. Wird beispielsweise der Sensor 48 anstelle des Sensors 42 eingesetzt, so ist die Gefahr der Zerstörung des Sensors 48 durch den Laserstrahl 8 geringer, und auf den Sensor 46 kann verzichtet werden. Im Übrigen kann das Verfahren wie oben beschrieben verlaufen.

[0069] Trifft der Laserstrahl 8 die offene Vorwärtssensorik 32, so steigt die eingestrahlte Intensität stark an, und der intensitätsabhängige Filter 38 schließt beziehungsweise wird undurchsichtig. Der Filter 38 hält jedoch eine direkte Bestrahlung durch den Laserstrahl 8 nur wenige Millisekunden aus. Daher wird gleichzeitig die Abdeckung 40 betätigt, die federgezogen ihre beiden Deckel aus der gestrichelten offenen Position in die durchgezogene geschlossene Position zieht und damit den Sensor 32 abdeckt. Der Sensor 44 kann ein Blinzeln beginnen und ein Öffnen der Abdeckung 40 wie oben beschrieben bei ausreichend langer Nichtbestrahlung des Lenkflugkörpers 12 durch den Laserstrahl 8 freigeben.

[0070] Der Lenkflugkörper 12 verwendet den Laserstrahl 8 als Leitstrahl zur Ansteuerung der Laserquelle 10. Eine adäquate Verteidigung der Laserquelle 10 kann entsprechend darin bestehen, dass der Laserstrahl 8 schnell verschwenkt wird und damit der dem Laserstrahl 8 folgende Lenkflugkörper 12 in die Irre geschickt wird. Um dies zu vermeiden, hängt eine Verfolgung des Laserstrahls 8 durch den Lenkflugkörper 12 von dessen Verschwenkgeschwindigkeit und/oder von dessen Ausrichtung relativ zum Fahrzeug 2 ab. Außerdem hängt das Nachverfolgen von der aktuellen Position des Lenkflugkörpers 12 relativ zur Laserquelle 10 ab. Befindet sich der Lenkflugkörper 12 bereits im Endgame 56, so fliegt er die Laserquelle 10 unabhängig von einer Verschwenkbewegung des Laserstrahls 8 an. Ist der Lenkflugkörper 12 noch vor dem Endgame 56, verbleibt er zweckmäßigerweise in einem Flugkegel, dessen Spitze in der Laserquelle 10 liegt und in dessen Volumen das Fahrzeug 2 positioniert ist, insbesondere an dessen Symmetrieachse. Die Größe des Kegels kann vorher bestimmt sein oder vom Fahrzeug 2 oder vom Lenkflugkörper 12 während des Flugs des Lenkflugkörpers 12 bestimmt werden. Verschwenkt der Laserstrahl 8 nur innerhalb des Flugkegels, so folgt der Lenkflugkörper 12 dem Laserstrahl 8, um sich von ihm führen zu lassen. Verschwenkt der Laserstrahl 8 jedoch aus dem Flugkegel heraus, so folgt der Lenkflugkörper 12 dem Laserstrahl 8 nicht und verbleibt innerhalb des Flugkegels.

[0071] Ebenfalls möglich ist eine Sensorunterstützung des Lenkflugkörpers 12 durch Sensoren 16 des Fahrzeugs 2. Erkennt das Sensorsystem 14, dass der Laserstrahl 8 zur Täuschung des Lenkflugkörpers 12 ver-

schwenkt wird, so kann die Steuereinheit 18 in den Flug des Lenkflugkörpers 12 korrigierend einngreifen und diesen wieder in Richtung zur Laserquelle 10 einschwenken, beispielsweise in den Flugkegel bringen. Ein solches Erkennen kann beispielsweise dadurch geschehen, dass der Laserstrahl 8 eine vorgegebene Entfernung zu einer geraden Linie, die zwischen Fahrzeug 2 und Laserquelle 10 gedacht ist, überschreitet.

[0072] Um ein direktes Treffen des Lenkflugkörpers 12 durch den Laserstrahl 8 zu vermeiden, kann dieser einem sich nähernden Laserstrahl 8 ausweichen. Unterschreitet der Abstand des Laserstrahls 8 zum Lenkflugkörper 12 den Abstand d_1 , so startet der Lenkflugkörper 12 ein Ausweichmanöver. Geschieht eine Laserannäherung langsam, beispielsweise durch ein Mitschwenken des Laserstrahls 8 mit der Bewegung des Fahrzeugs 2, so wird die Bewegung des Lenkflugkörpers 12 mit der Bewegung des Laserstrahls 8 mitgeführt, sodass der Lenkflugkörper 2 innerhalb des Flugbands D verbleibt. Überschreitet die Annäherung eine vorbestimmte Geschwindigkeit, so weicht der Lenkflugkörper 12 quer zur Annäherungsrichtung des Laserstrahls 8 relativ zum Lenkflugkörper 12 aus. Die Einstrahlintensität der Laserstrahlung wird überwacht, sodass die Abdeckung 40 geschlossen und/oder die Finne 50 eingefahren wird, wenn der Abstand d_2 unterschritten wird. In Abhängigkeit von der Annäherungsgeschwindigkeit kann es auch sinnvoll sein, dass der Lenkflugkörper 12 durch den Laserstrahl 8 hindurch taucht. Auch hierfür werden die Sensoren 32, 46 wie oben beschrieben geschützt.

[0073] Eine weitere Verteidigungsmöglichkeit des Lasersystems 6 besteht in dem Ausschalten der Laserquelle 10, sodass der Laserstrahl 8 verschwindet. Dies kann durch ein abruptes Abfallen der Intensität I durch die Sensorik des Lenkflugkörpers 12 erkannt werden. Die Abdeckung 40 wird - soweit nicht bereits geschehen - geöffnet und der Sensor 32 sucht nach Wärmequellen in seinem Gesichtsfeld. Aufgefundene Wärmequellen werden mit in einer Datenbank speicherten Daten, insbesondere Bildern von bekannten Wärmequellen, verglichen. Hierbei wird die Zeitdauer, die seit dem Abschalten des Laserstrahls 8 vergangen ist, berücksichtigt. Kann das Bild einer Wärmequelle einem hinterlegten Bild einer Laserquelle 10 zugeordnet werden, so wird die Lage der Wärmequelle als neues Ziel aufgenommen und der Lenkflugkörper 12 steuert die Wärmequelle zu deren Zerstörung an.

[0074] Eine weitere Möglichkeit zur Verteidigung des Fahrzeugs 2 gegen einen Laserstrahl 8 wird anhand von FIG 5 erläutert. Mehrere Lenkflugkörper 12 werden aus dem Kanister 20 gestartet und greifen die Laserquelle 10 konzertiert an. Sie betreiben hierbei einen Datenaustausch untereinander, sodass Informationen zur eigenen Position und der Position der Laserquelle 10 und des Laserstrahls 8 untereinander ausgetauscht werden. So kann beispielsweise ein vorderer Lenkflugkörper 12 die erkannte Position der Laserquelle 10 einem hinteren Flugkörper mitteilen. Außerdem wird anhand der eige-

nen und der Position der anderen Lenkflugkörper 12 eine Anflugrichtung der Lenkflugkörper 12 so gesteuert, dass diese von unterschiedlichen Richtungen die Laserquelle 10 ansteuern. Beispielsweise fliegt einer der Lenkflugkörper 12 eine Helixbahn 54, ein zweiter Lenkflugkörper 12 fliegt mit einem größeren Abstand d eine erratische Bahn und ein weiterer Lenkflugkörper 12 fliegt in einem sehr großen Abstand zum Laserstrahl 8 die Laserquelle 10 an.

[0075] Mit oder ohne Schwarm von Lenkflugkörpern 12 ist die Beleuchtung der Laserquelle 10 durch ein semiaktives System möglich und sinnvoll. Ein solches SAL-Verfahren kann durch einen Laser des Fahrzeugs 2 erfolgen, der die Laserquelle 10 mit einer Anstrahlstelle markiert, die von dem oder den Flugkörpern 12 angesteuert wird. Ebenfalls möglich ist es, dass einer der Flugkörper 12 ein SAL-System aufweist und während seines Anflugs, zweckmäßigerweise aus größerem Abstand von dem Laserstrahl 8, die Laserquelle 10 mit einer Anstrahlstelle markiert. Die übrigen Lenkflugkörper 12 steuern nun diese Anstrahlstelle an. Eine Leitung durch den Laserstrahl 8 kann hierbei unterbleiben. Bei dem in FIG 5 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der vorfliegende Lenkflugkörper 12 vom Laserstrahl 8 getroffen und dessen Sensorik ist weitgehend zerstört. Dieser Lenkflugkörper 12 fliegt nun blind weiter entsprechend der letzten ermittelten Positionsangaben der Laserquelle 10 und der eigenen Flugrichtung. Der dahinterliegende Lenkflugkörper 12 versucht in einem großen Abstand d zum Laserstrahl 8 zu verbleiben und führt entsprechende Ausweichbewegungen bei einem Angriff durch den Laserstrahl 8 aus. Er folgt einer Markierung der Laserquelle 10 durch eine Anstrahlstelle, die vom zuhinterst fliegenden Lenkflugkörper 12 durch einen Markierlaser erzeugt wird. Die Position der Laserquelle 10 wurde hierbei vom zuvorderst fliegenden Lenkflugkörper 12 erkannt und an die anderen Lenkflugkörper 12 weitergegeben, sodass der Markierflugkörper diese Position zur Ausrichtung seines Markierlasers verwendet.

[0076] FIG 6 zeigt in einem weiteren Ausführungsbeispiel einen der Sensoren 42, 46 des Flugkörpers 12 in einer alternativen Ausführung. Der Sensor 42, 46 umfasst sechs Sensorköpfe 58, von denen fünf durch ein Abdeckelement 60, beispielsweise eine Metallplatte, abgedeckt sind. Einer der Sensorköpfe 58 liegt hinter einer Öffnung 62 des Abdeckelements 60, ist somit in die Umgebung ausgerichtet und kann in die Umgebung schauen und Laserstrahlung detektieren.

[0077] Die Sensorköpfe 58 sind um eine gemeinsame Achse verschwenkbar, wie in FIG 6 durch den gekrümmten Pfeil angedeutet ist. Ist der im Moment aktive Sensorkopf 58 zerstört, kann der Revolver um 60° weitergedreht werden, sodass der nächste Sensorkopf 58 hinter der Öffnung 62 zu liegen kommt und die Detektierung aufnehmen kann.

[0078] In der Mitte und ebenfalls hinter dem Abdeckelement 60 angeordnet ist der Sensor 44, der die Aufgabe hat, zu erkennen, wenn ein Hochenergielaserstrahl 8

auf den Sensor 42, 46 gerichtet ist.

Bezugszeichenliste

[0079]

2	Fahrzeug
4	Landschaft
6	Lasersystem
8	Laserstrahl
10	Laserquelle
12	Lenkflugkörper
14	Sensorsystem
16	Sensor
18	Steuereinheit
20	Kanister
22	Lenkflügel
24	Aktuator
26	Steuereinheit
28	Raketenmotor
30	Wirkteil
32	Sensor
34	Optik
36	Matrixdetektor
38	Filter
40	Abdeckung
42	Sensor
44	Sensor
46	Sensor
48	Sensor
50	Finne
52	Vertiefung
54	Helixbahn
56	Endgame
58	Sensorkopf
60	Abdeckelement
62	Öffnung
D	Flugband
d_i	Abstand
φ	Winkel zum Laserstrahl

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen von einer Laserquelle (10) ausgehenden Laserstrahl (8), bei dem ein Lenkflugkörper (12) vom Fahrzeug (2) aus startet, ein Sensor (42, 44, 46, 48) des Lenkflugkörpers (12) den Laserstrahl (8) abtastet und der Lenkflugkörper (12) geleitet vom Laserstrahl (8) auf die Laserquelle (10) zufliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (32, 16) ein Bild des Laserstrahls (8) aufnimmt, aus dem Bild eine gerade Linie des Laserstrahls (8) in der Umgebung und ein definiertes

Ende des Laserstrahls (8) bestimmt wird und der Lenkflugkörper (12) das Ende des Laserstrahls (8) anfliegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein nach vorne blinder Sensor (48) des Lenkflugkörpers (12) den Laserstrahl (8) aus einer Seitenansicht erfasst.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) einen ersten Sensor (32, 46, 48) an einem Lenkflugkörperkopf und einen zweiten Sensor (42) an einem Rumpfbereich des Lenkflugkörpers (12) aufweist, wobei zunächst der zweite Sensor (42) Laserstrahlung detektiert und nach einem Defekt des zweiten Sensors (42) der erste Sensor (32, 46, 48) mit der Detektion von Laserstrahlung beginnt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper zwei hintereinander angeordnete Sensoren in einem Lenkflugkörperkopf aufweist und zunächst der vordere Sensor Laserstrahlung detektiert und nach einem Defekt des vorderen Sensors dieser mit einem Kopfelement abgeworfen wird und dann der hintere Sensor Laserstrahlung detektiert.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (46) des Lenkflugkörpers (12) während des Flugs des Lenkflugkörpers (12) aus dem Rumpf des Lenkflugkörpers (12) ausgefahren wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (32, 46) des Lenkflugkörpers (12) durch eine Abdeckung (40) aus einem Sichtzustand in einen abgedeckten Zustand gebracht wird und das Abdecken in Abhängigkeit von der Entfernung des Laserstrahls (8) zum Lenkflugkörper (12) erfolgt, wobei die Abdeckung (40) insbesondere einen intensitätsabhängigen Filter (38) und eine mechanische Abdeckung (40) aufweist, wobei zur Abdeckung erst der Filter (38) eine Abschattung eines Sensors (32) bewirkt und danach die mechanische Abdeckung (40) in den Detektionsbereich des Sensors (32) bewegt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) während des Flugs bei abgeblendetem Sensor (32, 46) blinzelt, indem ein Sensor (44) eine direkte Bestrahlung durch den Laserstrahl (8) sensiert und ein Abschwanken des Laserstrahls (8) vom Lenkflugkörper (12) erkennt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) ein Abschalten des Laserstrahls (8) im Anflug auf die Laserquelle (10) detektiert und zur nachfolgenden Unterstützung der Navigation eine Wärmequelle der Laserquelle (10) detektiert, das Muster der Wärmequelle mit Daten einer Datenbank vergleicht und die Wärmequelle bei erfolgreichem Vergleich anfliegt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) in mindestens einem vorbestimmten Sicherheitsabstand (d_1) vom Laserstrahl (8) an dem Laserstrahl (8) entlang fliegt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) eine Annäherung des Laserstrahls (8) aus einem Ansteigen einer detektierten Strahlungsstärke erkennt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) dem Laserstrahl (8) ausweicht wenn dieser sich dem Lenkflugkörper (12) näher als einen Sicherheitsabstand (d_1) annähert, wobei die Ausweichrichtung des Lenkflugkörpers (12) insbesondere abhängig von der Entfernung und der Annäherungsgeschwindigkeit des Laserstrahls (8) zum Lenkflugkörper (12) ist und/oder wobei ein Beginnen eines Ausweichflugs insbesondere abhängig von der Bewegung des Laserstrahls (12) gemacht wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) in einer erratischen Flugbahn relativ zur Ausrichtung des Laserstrahls (8) fliegt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Lenkflugkörper (12) Daten mit weiteren, die Laserquelle (10) anfliegenden Lenkflugkörpern

(12) austauscht.

15. Lenkflugkörper (12) mit einem Lenksystem (22, 24) und einem Sensor (42, 44, 46, 48) zum Detektieren von Laserstrahlung eines Laserstrahls (8) und einer Steuereinheit (26), die dazu ausgelegt ist, den Lenkflugkörper (12) unter Nutzung des Laserstrahls (8) als Leitstrahl auf eine Laserquelle (10) des Laserstrahls (8) hin zu lenken.

Claims

1. Method for protecting a vehicle (2) from an attack by a laser beam (8) emanating from a laser source (10), wherein a guided missile (12) is launched from the vehicle (2), a sensor (42, 44, 46, 48) of the guided missile (12) scans the laser beam (8) and the guided missile (12), guided by the laser beam (8), approaches the laser source (10).

2. Method according to Claim 1,

characterized

in that a sensor (32, 16) records an image of the laser beam (8), a straight line of the laser beam (8) in the surroundings and a defined end of the laser beam (8) are determined from the image and the guided missile (12) approaches the end of the laser beam (8).

3. Method according to Claim 1 or 2,

characterized

in that a forwardly blind sensor (48) of the guided missile (12) captures the laser beam (8) from a lateral view.

4. Method according to any one of the preceding claims,

characterized

in that the guided missile (12) has a first sensor (32, 46, 48) at a guided missile head and a second sensor (42) at a rear region of the guided missile (12), wherein, initially, the second sensor (42) detects laser radiation and, after the second sensor (42) becomes defective, the first sensor (32, 46, 48) starts with the detection of laser radiation.

5. Method according to any one of the preceding claims,

characterized

in that the guided missile has two successively arranged sensors in a guided missile head and, initially, the front sensor detects laser radiation and, after the front sensor becomes defective, the latter is dropped with a head element and, then, the rear sensor detects laser radiation.

6. Method according to any one of the preceding

- claims,
characterized
in that a sensor (46) of the guided missile (12) is extended from the rear of the guided missile (12) during the flight of the guided missile (12). 5
7. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that a sensor (32, 46) of the guided missile (12) is brought from a viewing state into a covered state by a cover (40) and covering takes place depending on the distance of the laser beam (8) from the guided missile (12), wherein 10
the cover (40) has, in particular, an intensity-dependent filter (38) and a mechanical cover (40), wherein, for coverage, the filter (38) firstly brings about shadowing of a sensor (32) and, thereafter, the mechanical cover (40) is moved into the detection region of the sensor (32). 15 20
8. Method according to Claim 7,
characterized
in that the guided missile (12) blinks during the flight with the shaded sensor (32, 46) by virtue of a sensor (44) sensing direct irradiation by the laser beam (8) and identifying a pivoting of the laser beam (8) away from the guided missile (12). 25
9. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) detects a deactivation of the laser beam (8) during the approach to the laser source (10) and, for subsequent assistance of the navigation, detects a heat source of the laser source (10), compares the pattern of the heat source with data in a database and approaches the heat source in the case of a successful comparison. 30 35 40
10. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) flies along the laser beam (8) at at least a predetermined safety distance (d_1) from the laser beam (8). 45
11. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) identifies an approach of the laser beam (8) from an increase in a detected radiant intensity. 50
12. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) evades the laser beam (8) if the latter approaches the guided missile (12) by more than a safety distance (d_1), wherein the deviation direction of the guided missile (12) depends, in particular, on the distance and the approach speed of the laser beam (8) with respect to the guided missile (12) and/or wherein 55
the start of an evasive flight is made dependent on, in particular, the movement of the laser beam (12).
13. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) flies in an erratic trajectory relative to the alignment of the laser beam (8).
14. Method according to any one of the preceding claims,
characterized
in that the guided missile (12) interchanges data with further guided missiles (12) that are approaching the laser source (10).
15. Guided missile (12) having a guidance system (22, 24) and a sensor (42, 44, 46, 48) for detecting laser radiation of a laser beam (8) and a control unit (26) which is configured to steer the guided missile (12) to a laser source (10) of the laser beam (8) using the laser beam (8) as a guide beam.

Revendications

- Procédé destiné à protéger un véhicule (2) contre une attaque par un faisceau laser (8) émanant d'une source laser (10), dans lequel un missile guidé (12) est lancé depuis le véhicule (2), un capteur (42, 44, 46, 48) du missile guidé (12) balaye le faisceau laser (8) et le missile guidé (12) est dirigé par le faisceau laser (8) vers la source laser (10).
- Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'un capteur (32, 16) acquiert une image du faisceau laser (8), une ligne droite du faisceau laser (8) dans l'environnement et une extrémité définie du faisceau laser (8) sont déterminées à partir de l'image, et le missile guidé (12) vole vers l'extrémité du faisceau laser (8).
- Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce qu'un capteur (48) du missile guidé (12) aveuglé vers l'avant détecte le faisceau laser (8) à partir d'une vue de côté.
- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) comporte un premier capteur (32, 46, 48) sur une tête de missile guidé et un second capteur (42) sur une

zone de fuselage du missile guidé (12), dans lequel le second capteur (42) détecte un rayonnement laser et, suite à un défaut du second capteur (42), le premier capteur (32, 46, 48) commence à détecter le rayonnement laser.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé comporte deux capteurs disposés l'un derrière l'autre dans une tête de missile guidé et **en ce que** le capteur avant détecte d'abord le rayonnement laser et **en ce que**, suite à un défaut du capteur avant, celui-ci est éjecté avec un élément de tête et **en ce que** le capteur arrière détecte ensuite le rayonnement laser. 10
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'un capteur (46) du missile guidé (12) est déployé à partir du fuselage du missile guidé (12) pendant le vol du missile guidé (12). 20
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'un capteur (32, 46) du missile guidé (12) est amené à passer d'un état de vision à un état occulté par un capot (40) et **en ce que** l'occultation est effectuée en fonction de la distance du faisceau laser (8) au missile guidé (12), dans lequel le capot (40) comporte notamment un filtre dépendant de l'intensité (38) et un capot mécanique (40), dans lequel, pour effectuer l'occultation, le filtre (38) provoque en premier lieu la projection d'une sur un capteur (32), puis le capot mécanique (40) est déplacé dans la zone de détection du capteur (32). 30
8. Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) clignote pendant le vol lorsque le capteur (32, 46) est occulté en faisant en sorte qu'un capteur (44) détecte une exposition directe au faisceau laser (8) et identifie un pivotement du faisceau laser (8) par rapport au missile guidé (12). 40
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) détecte une désactivation du faisceau laser (8) en approche vers la source laser (10) et détecte une source de chaleur de la source laser (10) en vue d'une aide à la navigation, compare le motif de la source de chaleur avec des données d'une base de données et vole vers la source de chaleur lorsque la comparaison donne un résultat positif. 50
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) vole le 55

long du faisceau laser (8) à au moins une distance de sécurité prédéterminée (d_1) du faisceau laser (8).

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) détecte un rapprochement du faisceau laser (8) à partir d'une augmentation d'une intensité de rayonnement détectée. 5
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) s'écarte du faisceau laser (8) lorsque ce dernier se rapproche du missile guidé (12) à moins d'une distance de sécurité (d_1), dans lequel la direction d'écartement du missile guidé (12) est notamment fonction de la distance et de la vitesse à laquelle le faisceau laser (8) se rapproche du missile guidé (12), et/ou dans lequel le lancement d'un vol d'écartement est rendu notamment dépendant du mouvement du faisceau laser (12). 10
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) vole selon une trajectoire erratique par rapport à l'orientation du faisceau laser (8). 15
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le missile guidé (12) échange des données avec d'autres missiles guidés (12) se rapprochant de la source laser (10). 30
15. Missile guidé (12) comprenant un système de guidage (22, 24) et un capteur (42, 44, 46, 48) destiné à détecter un rayonnement laser émanant d'un faisceau laser (8) et une unité de commande (26) qui est conçue pour diriger le missile guidé (12) vers une source laser (10) du faisceau laser (8) en utilisant le faisceau laser (8) en tant que faisceau de guidage. 35

FIG 1

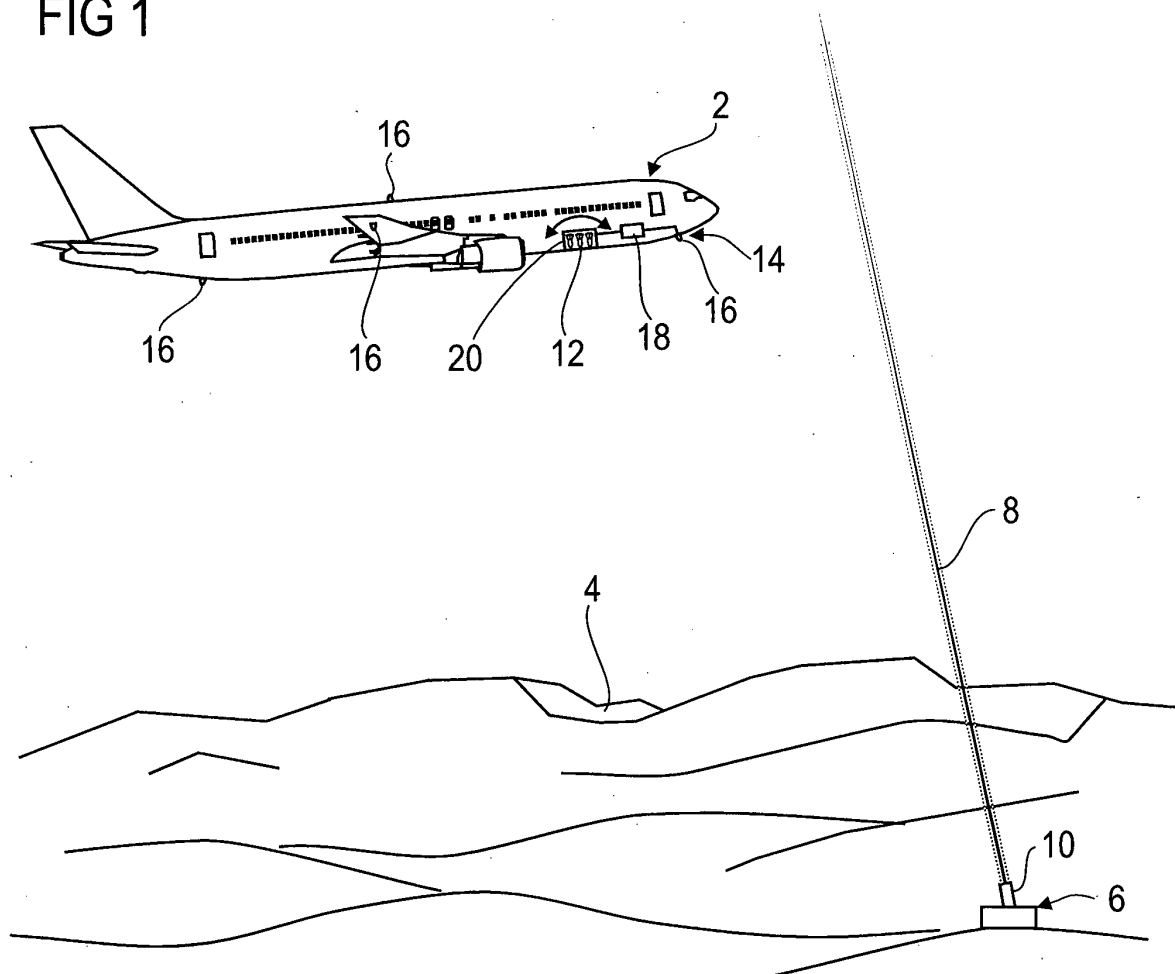


FIG 2

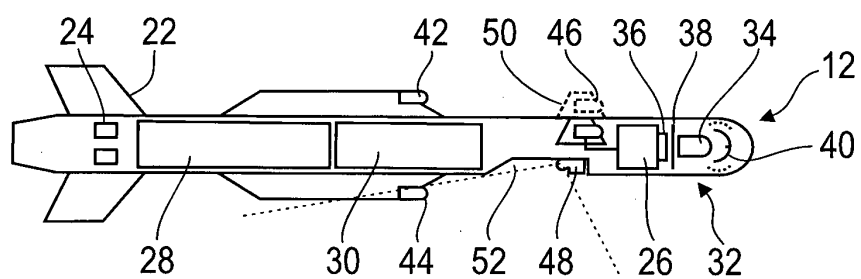


FIG 3

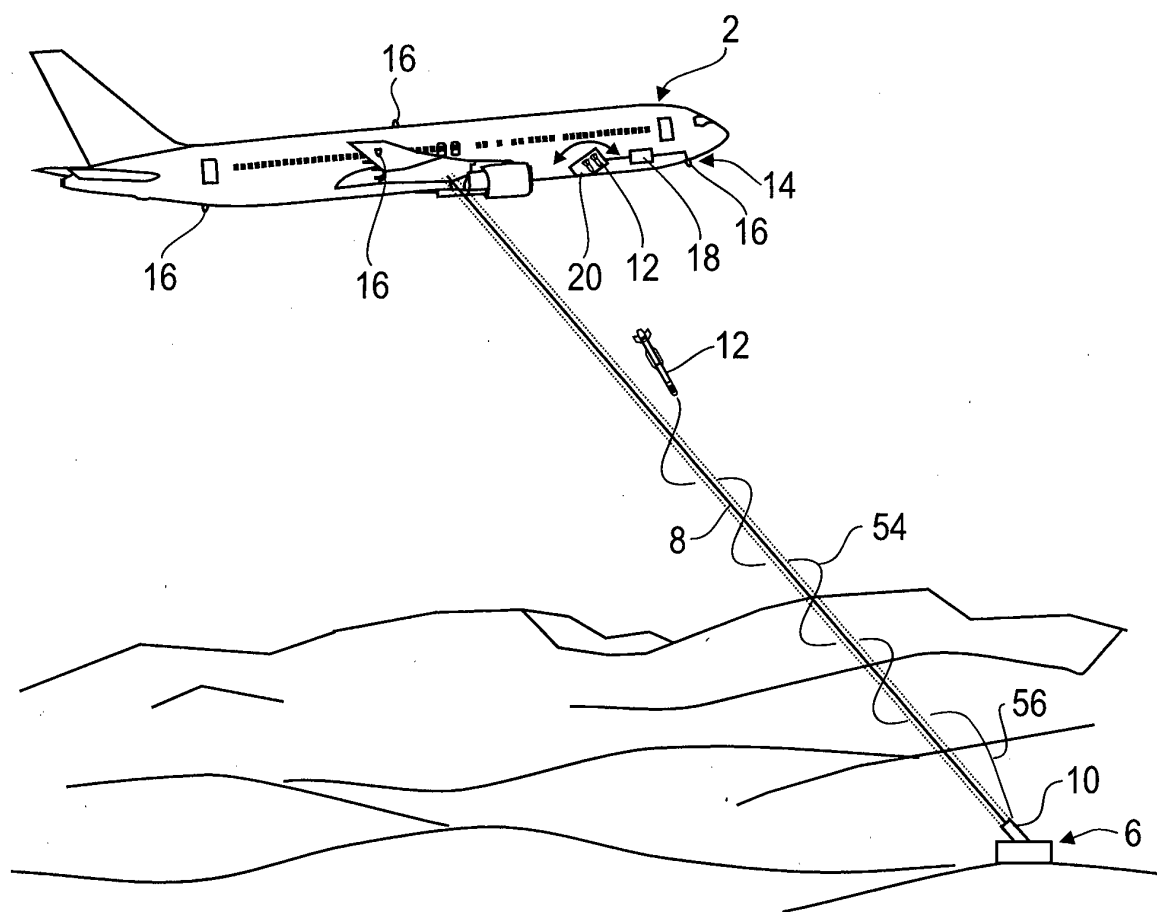


FIG 4

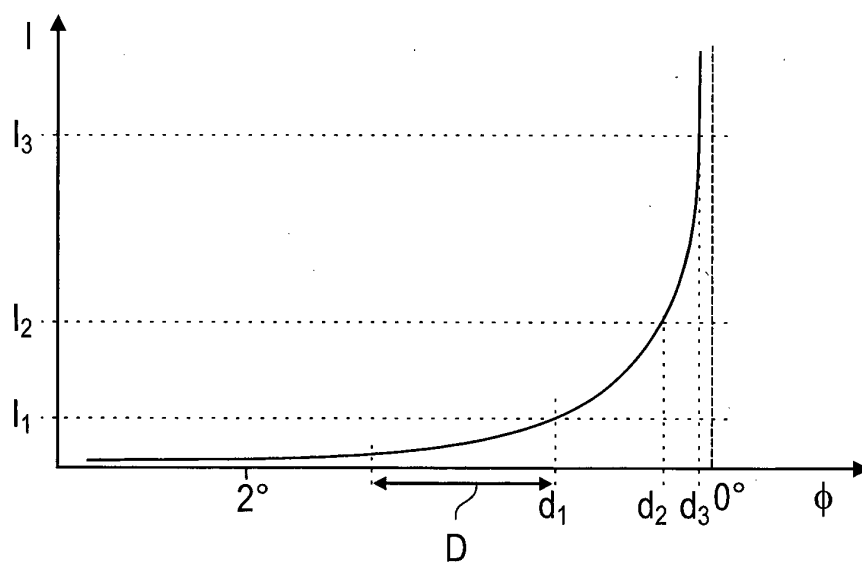


FIG 5

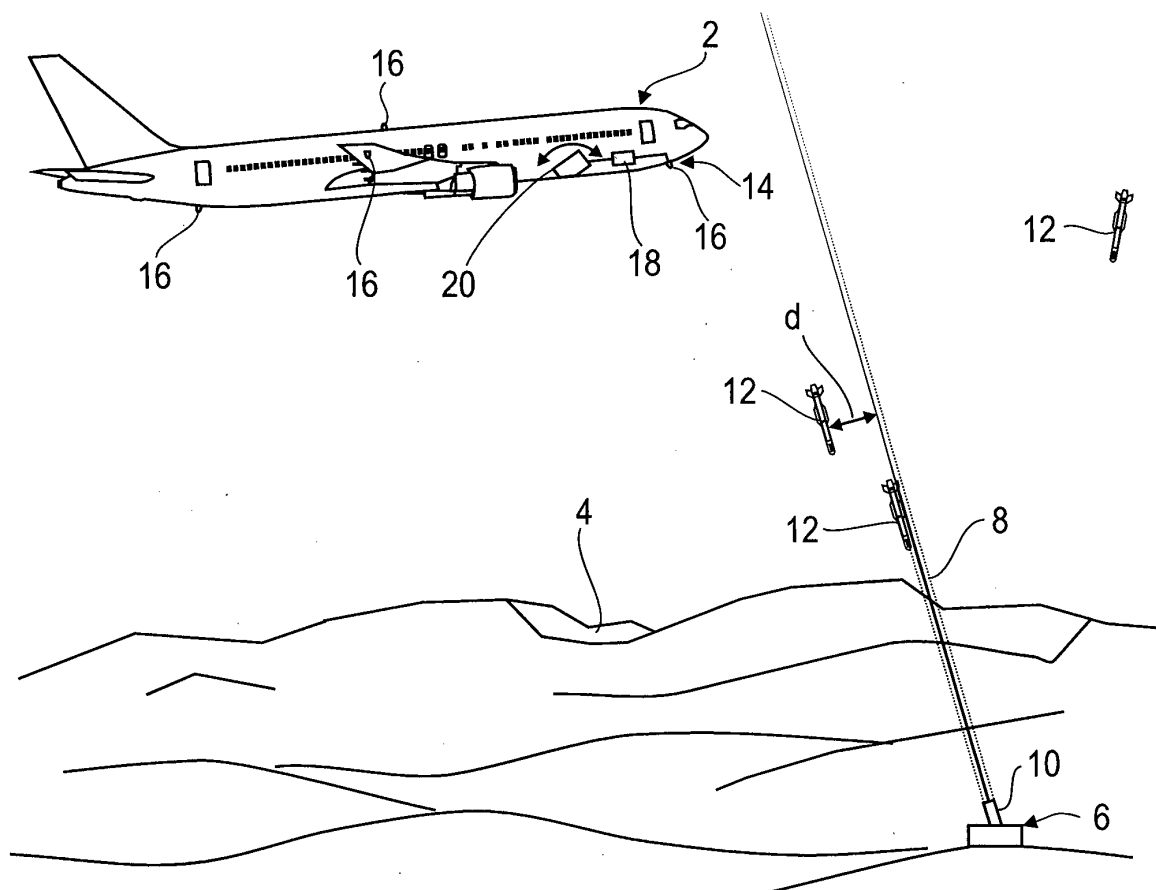
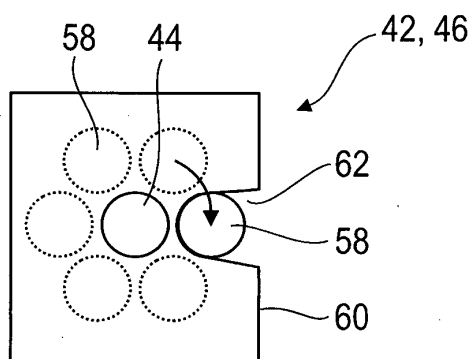


FIG 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 0214777 A1 [0002]
- EP 2752681 A1 [0002]
- US 4471683 A [0002]