

(19)



(11)

EP 3 118 565 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.01.2017 Patentblatt 2017/03

(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: **16001538.4**

(22) Anmeldetag: **12.07.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

- **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)

(30) Priorität: **17.07.2015 DE 102015009358**

(71) Anmelder: **Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG**
88662 Überlingen (DE)

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

(72) Erfinder:
• **Nolte, Arne**
88696 Owingen (DE)

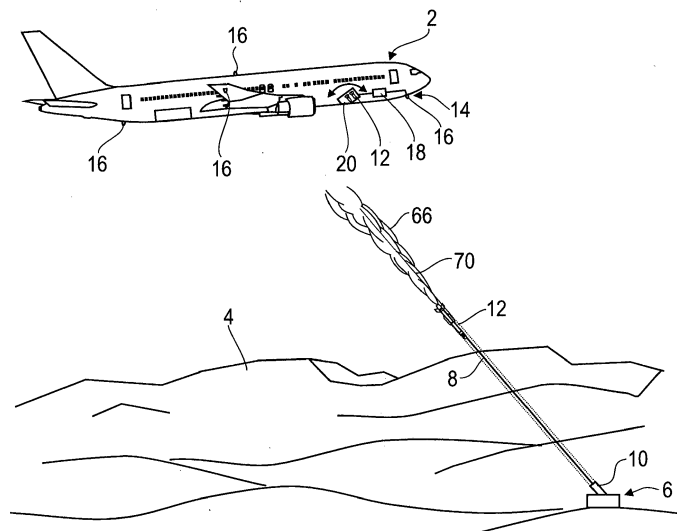
(54) **VERFAHREN ZUM SCHÜTZEN EINES FAHRZEUGS VOR EINEM ANGRIFF DURCH EINEN LASERSTRAHL**

(57) Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen von einer Laserquelle (10) ausgehenden Laserstrahl (8).

Ein effektiver Schutz kann erreicht werden, wenn ein

Sensor (16, 42, 44, 46, 48) die Laserstrahlung des Laserstrahls (8) detektiert, ein Lenkflugkörper (12) in den Laserstrahl (8) hinein fliegt, im Laserstrahl (8) auf die Laserquelle (10) zufliegt und hierbei das Fahrzeug (2) vor dem Laserstrahl (8) abschattet.

FIG 3



EP 3 118 565 A1

Beschreibung

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

[0002] 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.

[0003] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein wirkungsvolles Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen Laserstrahl anzugeben.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem erfindungsgemäß ein Sensor die Laserstrahlung des Laserstrahls detektiert, ein Lenkflugkörper in den Laserstrahl hinein fliegt, im Laserstrahl auf die Laserquelle zufliegt und hierbei das Fahrzeug vor dem Laserstrahl abschattet. Der Flugkörper kann die Laserquelle anfliegen und bekämpfen und während des Anflugs auf die Laserquelle das Fahrzeug abschatten. Dies geschieht zweckmäßigerweise so zügig, dass die am Fahrzeug deponierte Laserenergie noch nicht zu bedrohlichen Schäden geführt hat. Ein schneller Schutz kann durch ein Starten des Flugkörpers vom Fahrzeug aus erreicht werden, da dann der Lenkflugkörper bereits vor Ort ist und zur Abschattung in den Laserstrahl eintauchen und zur Bekämpfung der Laserquelle zügig auf diese zufliegen kann. Hierzu ist der Lenkflugkörper 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.

[0005] 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. Es kann ein Parameter des Laserstrahls, beispielsweise eine Streulichtstärke, zur Navigation verwendet werden, beispielsweise indem die gemessene Streulichtstärke beim Anflug konstant gehalten oder nach einem vorgegebenen Schema verarbeitet wird.

[0006] Der Lenkflugkörper fliegt zweckmäßigerweise im Laserstrahl und wird hierbei so gesteuert, dass er im Laserstrahl bleibt, sodass hierdurch das Fahrzeug während dieses Flugs zumindest teilweise vom Laserstrahl abgeschattet bleibt. Der Lenkflugkörper kann hierfür zumindest im Wesentlichen parallel zum Laserstrahl fliegen, worunter auch ein Pendeln im Laserstrahl verstan-

den werden kann, sodass der Laserstrahl zumindest teilweise auf den Lenkflugkörper gerichtet bleibt. Als auf den Lenkflugkörper gerichteter Laserstrahl kann ein den Lenkflugkörper treffender Laserstrahlkern verstanden werden, dessen Leistung pro Querschnittsfläche zumindest beispielsweise 30% der Maximalleistung pro Querschnittsfläche beträgt, wobei die Maximalleistung pro Querschnittsfläche am Ort des Lenkflugkörpers zu sehen ist, da die Leistung pro Querschnittsfläche mit wachsender Entfernung zur Laserquelle abnimmt.

[0007] Das Verfahren ist besonders geeignet zum Einsatz gegen eine Hochenergielaserquelle beziehungsweise einen Hochenergielaserstrahl. Ebenfalls vorteilhaft ist eine Abwehr eines Störlasers. 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 mittels bildverarbeitender Methoden eine Laserquelle als solche erkannt wird, beispielsweise anhand eines Bilds des Laserstrahls in der Luft oder anhand von Restwärmestrahlung bei ausgeschalteter Laserquelle. Hierfür ist vorteilhafterweise ein Bildsensor vorhanden, beispielsweise mit 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] Eine Steuereinheit des Fahrzeugs kann eine oder mehrere Recheneinheiten aufweisen, die im Fahrzeug an einer Stelle oder über das Fahrzeug verteilt angeordnet sein können. Die Steuereinheit erkennt den Laserstrahl zweckmäßigerweise 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] 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.

[0014] Dieser Nachteil kann durch eine dritte Möglichkeit umgangen werden, die auf der Messung in der Luft gestreuter Laserstrahlung beruht. Die Laserstrahlung wird auf ihrem Weg durch die Luft zu einem geringen Teil räumlich gestreut, sodass der Laserstrahl als Linie 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. 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.

[0015] Die Messung der Streustrahlung hat den weiteren Vorteil, dass sie sowohl von außerhalb des Laserstrahls als auch von innerhalb des Laserstrahls erfolgen kann und in beiden Fällen jeweils zur Lenkung des Lenkflugkörpers geeignet ist.

[0016] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung detektiert daher ein nach vorne blinder bzw. gegen den Laserstrahl abgeschatteter Sensor des Sensorsystems an der Umgebungsluft gestreute Laserstrahlung. Der Sensor ist zweckmäßigerweise Teil einer Seitwärtssensorik und/oder Rückwärtssensorik, sodass er nach vorne hin verdeckt ist. Hierzu umfasst der Lenkflugkörper zweckmäßigerweise ein Abschattungselement, beispielsweise eine Rumpfvorsprung, das den Sensor gegen von vorne auftreffende Laserstrahlung abschattet. Diese Abschattung besteht zweckmäßigerweise auch bei einem aktiv detektierenden Sensor, sodass es sich also nicht um beispielsweise Klappen handelt, die beim Aktivieren des Sensors geöffnet werden, sodass der Sensor ein freies Gesichtsfeld erhält.

[0017] Eine vorteilhafte Möglichkeit einer solchen Abschattung besteht darin, dass das Abschattungselement eine Vertiefung im Außengehäuse des Lenkflugkörpers umfasst, und der Sensor in dieser Vertiefung angeordnet ist. Der Sensor kann nach hinten oder zur Seite ausgerichtet sein und verbleibt bei einem von vorne auf den Lenkflugkörper gerichteten Laserstrahl im Schatten der Vertiefung. Das Abschattungselement ist zweckmäßigerweise so ausgeführt, dass der gesamte optische Eingang des Sensors nach vorne hin abgeschattet ist.

[0018] Der Lenkflugkörper fliegt zweckmäßigerweise innerhalb des Laserstrahls parallel zum Laserstrahl auf die Laserquelle zu. Er erzeugt hierbei einen Abschattungseffekt, der das Fahrzeug vor der Laserstrahlung zumindest teilweise schützt. Unter einem Fliegen im Laserstrahl kann hierbei verstanden werden, dass der Laserstrahl den Lenkflugkörper trifft, während der Lenkflugkörper parallel zum Laserstrahl fliegt.

[0019] Um den Lenkflugkörper im Laserstrahl zu halten, ist es sinnvoll, wenn die Sensorik nicht nur eine Stärke der Laserstrahlung erkennt, sondern auch die Relativposition des Lenkflugkörpers relativ zur zentralen Achse des Laserstrahls. Dies kann in einer einfachen und vorteilhaften Weise erreicht werden mit mehreren über den Umfang eines Außengehäuses des Lenkflugkörpers verteilt angeordneten Sensoren, die während des Flugs Laserstrahl detektieren. Die Sensoren können auf einfache Weise so angeordnet werden, dass ein im Laserstrahl symmetrisch zentrierter Flug, also in der Mitte des Laserstrahls, zu gleichen Sensorsignalen der Sensoren führt, die Sensorsignale die Symmetrie der Position also wiedergeben. Wandert die Symmetrieachse des Laser-

strahls jedoch in Richtung zu einem der Sensoren, so wird dessen Signal im Vergleich zu dem Signal der anderen Sensoren stärker, sodass erkannt werden kann, dass der Lenkflugkörper, also dessen Längsachse, außerhalb der Laserachse fliegt und auch, in welcher Richtung die Flugkörperachse relativ zur Laserachse liegt. Entsprechend wird der Flug des Lenkflugkörpers vorteilhafterweise so gesteuert, dass die detektierte Laserstrahlung bei allen Sensoren gleich ist. Je nach Bauart des Lenkflugkörpers und dessen Sensorik kann es ebenso vorteilhaft sein, wenn die von den Sensoren detektierten Laserstrahlungsstärken nicht zueinander gleich sind, sondern in einem vorbestimmten Verhältnis zueinander stehen.

[0020] Einfach auswertbare Sensorsignale können erreicht werden, wenn das Sensorsystem zumindest drei über den Umfang des Außengehäuses verteilt angeordnete Sensoren aufweist, die beispielsweise schräg nach hinten ausgerichtet sind. Durch die Anordnung von vier jeweils 90° über den Umfang verteilte Sensoren kann ein Rechts- und Linksflug, beziehungsweise ein Flug nach oben und unten, noch leichter gesteuert werden.

[0021] Um in der Luft gestreute Laserstrahlung besonders zuverlässig zur Navigation des Lenkflugkörpers verwenden zu können, ist es vorteilhaft, wenn ein Detektionsraumwinkelbereich des Sensors gegenstandsfrei ist. Es befindet sich mithin kein Element des Lenkflugkörpers in diesem Bereich, also im Gesichtsfeld des Sensors. Eine durch eine Reflexion verursachte Verfälschung des Messergebnisses kann hierdurch vermieden werden.

[0022] Eine weitere Möglichkeit zum Steuern des Lenkflugkörpers in den Laserstrahl hinein, beziehungsweise zum Halten des Lenkflugkörpers im Laserstrahl, besteht darin, dass der Sensor auf eine äußere Streufläche gerichtet ist, die beispielsweise bei einem von vorne auf den Lenkflugkörper strahlendem Laserstrahl von diesem beleuchtet wird. Der Sensor kann hierdurch die Anwesenheit des Laserstrahls an dieser Streufläche erkennen.

[0023] Vorteilhafterweise umfasst der Lenkflugkörper ein Außengehäuse mit einer äußeren Streufläche, die zumindest zwei, insbesondere vier tangential zueinander versetzte Bereiche aufweist. Aus der Beleuchtung dieser Bereiche kann die Relativposition des Lenkflugkörpers zur Laserstrahlachse in einfacher Weise und sehr schnell erkannt werden. Vorteilhafterweise ist eine Steuerung des Lenkflugkörpers davon abhängig, welcher der Bereiche vom Laserstrahl getroffen wird. Auch die Stärke, mit der mehrere Bereiche der Streufläche vom Laserstrahl getroffen werden, kann zur Steuerung des Lenkflugkörpers verwendet werden, insbesondere für eine Quantität der Lenkung, also eine Stärke eines Ausschlags eines Lenkruders des Lenkflugkörpers. Die Streuintensität der Bereiche der Streufläche kann als Eingangsgröße einer Flugregelung verwendet werden. Regelungsziel kann hierbei eine vorbestimmte, insbesondere gleichstarke Streuung der Bereiche der Streufläche sein. Hierdurch kann der Lenkflugkörper mittig im

Laserstrahl gehalten werden.

[0024] Die Bereiche der Streufläche können in zwei unterschiedliche Arten von Bereichen unterschieden werden, nämlich zwischen solchen Bereichen, die bei exakt vor vorne auf den Lenkflugkörper einstrahlendem Laserstrahl beleuchtet werden, und solchen Bereichen, die bei dieser parallelen Ausrichtung des Laserstrahls zur Lenkflugkörperachse nicht beleuchtet werden. Während mittels der ersten Bereiche eine seitliche Versetzung des Lenkflugkörpers zur Laserachse erfasst werden kann, kann mittels der zweiten Bereiche eine Winkelstellung der Lenkflugkörperachse zur Laserachse ermittelt werden. Hierfür sind die zweiten Bereiche zweckmäßigerweise so abgeschattet, beziehungsweise angeordnet, dass zumindest einer der Bereiche bei zur Laserachse angewinkelter Flugkörperachse vom Laserstrahl beleuchtet wird. Aus der Stärke der Beleuchtung des entsprechenden Bereichs kann zusätzlich zweckmäßigerweise die Winkelgröße bestimmt werden. Durchfliegt der Lenkflugkörper beispielsweise den Laserstrahl schräg, so kann die Winkelstellung des Flugkörpers zum Laserstrahl gemessen werden.

[0025] Allgemein gefasst kann anhand einer Rückstreuintensität der Bereiche vorteilhafterweise einer Ausrichtung des Lenkflugkörpers zum Laserstrahl bestimmt werden, und zwar eine Versetzung und/oder Winkelstellung der Flugkörperachse zur Laserstrahlachse.

[0026] Eine quantitative Winkelbestimmung der Flugkörperachse zum Laserstrahl kann dadurch in einfacher Weise erreicht werden, wenn der Lenkflugkörper in einem Außengehäuse eine äußere Streufläche aufweist, die zumindest zwei radial zueinander versetzte Bereiche umfasst. Je größer der Winkel ist, desto tiefer reicht die auftreffende Laserstrahlung radial in die Streufläche hinein, sodass das Auftreffen des Laserstrahls in einem radial inneren Bereich einen größeren Winkel anzeigt, als das Auftreffen des Laserstrahls ausschließlich auf einem äußeren Bereich. Zweckmäßigerweise ist die Steuerung des Lenkflugkörpers davon abgänglich, welcher der Bereiche vom Laserstrahl getroffen wird.

[0027] Eine besonders schnelle Steuerung des Lenkflugkörpers anhand der Bereiche kann dadurch erreicht werden, wenn für jeden der Bereiche zumindest ein Sensor vorhanden ist, der auf diesen Bereich ausgerichtet ist, und dessen Blick vorteilhafterweise auf alle anderen Bereiche versperrt ist. Hierdurch können besonders einfache und schnelle Sensoren verwendet werden, sodass ein einfach auswertbares Messergebnis sehr schnell vorliegt.

[0028] Der Schutz des Fahrzeugs durch den Lenkflugkörper kann auf zwei Arten erreicht werden: der Abschattung des Fahrzeugs durch den im Laserstrahl fliegenden Lenkflugkörper und die Zerstörung der Laserquelle durch den anfliegenden Lenkflugkörper. Der Abschattungsschutz kann noch vergrößert werden, wenn während des Flugs auf die Laserquelle ein Ausfahrelement das Außengehäuse überragend ausgefahren wird, sodass eine Abschattungsfläche des Lenkflugkörpers vergrößert

wird. Die Abschattungsfläche bezieht sich hierbei auf die Silhouette des Lenkflugkörpers in einer Draufsicht von vorne. Zur Störung und möglichen Zerstörung der Laserquelle ist es außerdem vorteilhaft, wenn das Ausfahrelement nach vorne hin mit einer reflektiven Schicht versehen ist, insbesondere mit einer retroreflektiven Schicht, sodass das Ausfahrelement die auftreffende Laserstrahlung entgegen der Laserstrahlrichtung reflektiert. Das Ausfahrelement kann ein zu den Flügeln zuzätzliches, bewegliches Element sein, ein Kragen oder dergleichen.

[0029] Eine Abschattungsfläche des Lenkflugkörpers kann in erheblicher Weise vergrößert werden, wenn der Lenkflugkörper während des Flugs auf die Laserquelle Material wolkenförmig ausstößt. Dadurch dass der Lenkflugkörper parallel zum Laserstrahl fliegt, liegt auch der ausgestoßene Materialzylinder, beziehungsweise Materialkegel, parallel zur Laserausrichtung, sodass der Laser diesen auf gesamter Länge durchstoßen muss. Das Material kann Rauch aus einem Triebwerk, beziehungsweise einem Raketenmotor des Lenkflugkörpers sein, dem zum Treibmittel ein Rauchbildner zugesetzt ist. Besonders vorteilhaft kommt das Material aus einer zusätzlich zu einer Triebwerksöffnung vorhandenen Düse. Triebwerksschub und Rauchausschlag können hierbei unabhängig voneinander gesteuert werden.

[0030] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass das Material vom Kopf des Lenkflugkörpers durch die auftreffende Laserstrahlung aus einer Ablationsschicht abgetragen wird. Die Rauchbildung ist dann automatisch auf solche Zeiträume beschränkt, in denen der Laserstrahl der Lenkflugkörper trifft. Das Material wird hierbei besonders sparsam verwendet. Zur Störung, beziehungsweise Zerstörung der Laserquelle ist es außerdem vorteilhaft, wenn das Material Flitter zur Reflektion von Laserstrahlung enthält.

[0031] Wenn sich der Lenkflugkörper nicht exakt in der Mitte des Laserstrahls aufhält, sondern seitlich versetzt zum Laserstrahl fliegt, ist es vorteilhaft, wenn auch das Material nur in die Richtung zum Laserstrahl oder zumindest überwiegend in diese Richtung ausgestoßen wird. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn das Material aus mehreren Düsen ausgestoßen wird, und eine Steuereinheit den Materialausstoß aus den einzelnen Düsen in Abhängigkeit der Lage des Lenkflugkörpers zum Laserstrahl steuert. Auf diese Weise kann das Material gezielt in Richtung zum Laserstrahl gelenkt und dieser gezielt getrübt werden.

[0032] Laseroptiken- und Laserstrahlerzeuger sind in der Regel sehr empfindlich gegen Einfallen der Laserstrahlung. Eine Reflexion des Laserstrahls kann daher zur Zerstörung der Laserquelle führen, sodass das Fahrzeug auch hierdurch geschützt werden kann. Eine Möglichkeit zur Reflexion des Laserstrahls besteht darin, dass Laserstrahlung von einem Element des Lenkflugkörpers reflektiert wird, insbesondere durch einen Retroreflektor. Der Reflektor kann an der Spitze des Lenkflugkörpers und/oder unter einem Dom des Lenkflugkör-

pers abgeordnet sein. Liegt der Reflektor hinter einem Dom, so sollten Verdampfungsgase, die bei einer Zerstörung des Reflektors entstehen, aus einem Innenraum hinter dem Dom durch Öffnungen nach außen geführt werden, also in einen Umgebungsbereich des Lenkflugkörpers. Der Lenkflugkörper umfasst insofern zweckmäßigerweise einen Dom mit einem dahinter angeordneten Raum, der über Öffnungen mit der Umgebung des Lenkflugkörpers für einen Druckausgleich verbunden ist. In diesem Raum kann ein Reflexionselement und/oder eine Ablationsschicht angeordnet sein.

[0033] Die Erfindung ist außerdem gerichtet auf einen Lenkflugkörper mit einem Außengehäuse, einer Spitze, einem Lenksystem und einem in die Umgebung gerichteten Sensor.

[0034] Um einen wirkungsvollen Schutz eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen Laserstrahl zu erreichen, ist der Sensor erfindungsgemäß zur Detektion von Laserstrahlung eines Laserstrahls ausgeführt, und der Lenkflugkörper ist weiter erfindungsgemäß mit einer Steuereinheit ausgerüstet, die dazu vorbereitet ist, unter Verwendung der Daten des Sensorsystems das Lenksystem so anzusteuern, dass die Spitze des Lenkflugkörpers im Laserstrahl verbleibend auf die Laserquelle zusteuert.

[0035] Vorteilhafterweise umfasst der Lenkflugkörper einen Wirteil mit einer Detonationsladung. Die Detonationsladung kann Splittermaterial enthalten, wobei die Detonationsladung und Splittermaterial zweckmäßigerweise so zueinander angeordnet sind, dass das Splittermaterial bei einer Detonation der Detonationsladung in einem Kegel nach vorne geschleudert wird. Die Zündung der Detonationsladung kann durch einen Aufschlagzünder oder einen Annäherungszünder erfolgen, der im Flugkörperkopf angeordnet ist.

[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 deutli-

cher verständlich in Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Erfindung 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 und
- FIG 4 den Lenkflugkörper aus FIG 2 in einem Querschnitt.

[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 Flugkörper 12 auf, wobei in FIG 1 zur Erläuterung mehrere Flugkörper 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 beinhaltet, 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 4, 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 abrupte 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 Flugkörper 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 erfolgt durch einen Annäherungszünder, 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 Matrixdetektor 36. Ein Filter 38 dient zum Abschatten des Detektors 36. 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 abschattet. 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, die in FIG 2 und FIG 4 schematisch dargestellt sind.

[0052] Zunächst enthält der Lenkflugkörper 12 vier Sensoren 42, die über den Umfang des Lenkflugkörpers 12 in einem Abstand von jeweils 90° zueinander angeordnet sind. In FIG 2 sind der Übersichtlichkeit halber nur zwei dieser Sensoren 42 dargestellt. Die Sensoren 42 dienen dazu, den Laserstrahl 8 zu finden und in den Laserstrahl 8 hineinzusteuern. Die Sensoren 42 bilden eine Seitwärtssensorik mit einem Gesichtsfeld zur Seite des Lenkflugkörpers 12, das durch gepunktete Linien angedeutet ist. Innerhalb des Gesichtsfelds liegen keine Elemente des Lenkflugkörpers 12, sodass die Sensoren 42 lediglich in der den Laserstrahl 8 umgebenden Luft gestreute Laserstrahlung sensieren. Die Intensität der der-

art sensierten Laserstrahlung ist ein Maß für die Entfernung des Lenkflugkörpers 12 vom Laserstrahl 8. Durch die tangentiale Anordnung der vier Sensoren 42 am Umfang des Lenkflugkörpers 12 kann zudem die Richtung bestimmt werden, in dem sich der Laserstrahl relativ zum Lenkflugkörper 12 befindet.

[0053] Entsprechend der Sensorsignale des Sensors 42 veranlasst die Steuereinheit 26 den Flug des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 hin. Die Richtung ergibt sich aus einer Kombination der Richtung derjenigen Sensoren 42, die das stärkste Streulichtsignal der Laserstrahlung empfangen.

[0054] Sobald der Lenkflugkörper 12 in den Laserstrahl 8 eintaucht und somit vom Laserstrahl 8 direkt getroffen wird, wird eine Feinsteuerung anhand der Sensoren 44, 46 und/oder 48 vorgenommen, die gemeinsam oder nur einzeln im Lenkflugkörper 12 vorhanden sind. Die Sensoren 44 bilden - wie die Sensoren 42, 46 und 48 - eine Gruppe einer Mehrzahl von Sensoren, im gezeigten Ausführungsbeispiel vier Sensoren, die im Umfang des Lenkflugkörpers 12 gleichmäßig tangential voneinander beabstandet an der Außenhülle des Lenkflugkörpers 12 angeordnet sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel hat eine Sensorgruppe vier Sensoren 42, 44, 46, 48, die tangential 90° voneinander beabstandet sind. Sämtliche Sensoren 42, 44, 46, 48 sind in einer oder mehreren Vertiefungen 50 in der Außenhülle des Lenkflugkörpers 12 angeordnet und sind somit nach vorne abgeschattet. Ein von vorne auf den Lenkflugkörper 12 auftreffender Laserstrahl 8 kann somit die Sensoren 42 - 48 nicht erreichen. Auch bei einer Verkipfung von bis 30° der Flugkörperachse zur Achse des Laserstrahls 8 bleiben die Sensoren 42 - 48 vom Laserstrahl 8 abgeschattet.

[0055] Die Sensoren 44 haben ein Gesichtsfeld 52, das in FIG 2 durch gestrichelte Linien und in FIG 4 durch jeweils einen gestrichelt angedeuteten Bereich realisiert wird. Ein Gesichtsfeld eines Sensors 44 ist auf eine Vorderkante einer Finne 54 des Lenkflugkörpers 12 gerichtet, wobei jeder der Sensoren 44 auf eine andere Finne 54 gerichtet ist. Auf die Darstellung der Flügel 22 wurde in FIG 4 der Übersichtlichkeit halber verzichtet. Wird die Vorderkante der Finne 54 vom Laserstrahl 8 getroffen, so wird dies vom entsprechenden Sensor 44 erkannt, sodass der Versatz des Laserstrahls 8 relativ zum Lenkflugkörper 12 bestimmt werden kann. Durch eine quantitative Messung der Sensoren 44 wird außerdem gemessen, wie weit die Finne 54 in den Laserstrahl 8 eintaucht, sodass neben der Richtung des Versatzes auch die Größe des Versatzes des Laserstrahls 8 zum Lenkflugkörper 12 erkannt werden kann.

[0056] Der Flug des Lenkflugkörpers 12 wird so gesteuert, dass er möglichst tief in den Laserstrahl 8 taucht, also insbesondere mittig im Laserstrahl 8 liegt. Der Lenkflugkörper 12 fliegt hierbei parallel zum Laserstrahl 8 in diesem zur Laserquelle 10 hin. Hierdurch wird das Fahrzeug 2 durch den Flugkörper 12 vom Laserstrahl 8 abgeschattet und somit geschützt.

[0057] Durch die auf die Finnen 54 gerichteten Gesichtsfelder 52 der Sensoren 44 kann der Lenkflugkörper zentriert im Laserstrahl 8 gehalten werden. Dies geschieht, indem die Sensorsignale der Sensoren 44 als Regeleingang zur Lenkregelung des Lenkflugkörpers 12 verwendet werden. Als Lenkziel sollen die Signale der Sensoren 44 gleich sein, sodass also alle Finnen 54 gleich stark beleuchtet werden. Dies ist ein Zeichen für einen mittigen beziehungsweise zentrierten Flug des Lenkflugkörpers 12 im Laserstrahl 8.

[0058] Durch Querwind, Lenkfehler, Verschwenkbewegungen des Laserstrahls 8 und dergleichen wird die Flugkörperachse während des Flugs immer wieder zur Achse des Laserstrahls 8 verkippen. Eine solche Verkipfung ist durch die Beleuchtung der Finnen 54 nicht unmittelbar zu erkennen. Zur Erkennung einer solchen Verkipfung dienen die Sensoren 46. Jeder der Sensoren 46 weist ein Gesichtsfeld 56 auf, das in FIG 4 durch einen gestrichelten Rechteckbereich angedeutet ist. Das Gesichtsfeld 56 ist auf eine Schräge 58 in der Außenwandung des Lenkflugkörpers 12 gerichtet, die in zwei Bereiche 60, 62 aufgeteilt ist. Hierbei ist der innere Bereich 60 mit einer anderen Oberfläche versehen als der äußere Bereich 62. Die Oberflächen unterscheiden sich beispielsweise durch eine Rauigkeit und/oder eine Beschichtung, wie eine Farbe und/oder eine Streuschicht. Während die Gesichtsfelder 56 der Sensoren 46 auf den äußeren Bereich 62 gerichtet sind, sind die Gesichtsfelder 64 der Sensoren 48 auf den inneren Bereich 60 der Schräge 58 gerichtet. Bei dem in FIG 4 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Bereiche 60, 62 mit unterschiedlichen Farben beschichtet, und die Sensoren 46, 48 sind nur in einem schmalen Spektralfenster der Farbe ihres Gesichtsfelds 56, 64 sensitiv.

[0059] Ist nun der Lenkflugkörper 12 zum Laserstrahl 8 verkippt und wird von diesem getroffen, so wird der Laserstrahl 8 zumindest den äußeren Bereich 62 direkt beleuchten. Dies wird durch die Sensoren 46 erkannt. Aus der tangentialen Anordnung zueinander kann die Richtung bestimmt werden, in der die Flugkörperachse zum Laserstrahl 8 beziehungsweise dessen Achse verkippt ist. Außerdem steigt die Verkipfung mit wachsender Intensität des Sensorsignals der betreffenden Sensoren 46 an.

[0060] Bei noch weiter steigender Verkipfung trifft der Laserstrahl 8 den inneren Bereich 60 der Schräge 58, wodurch die Sensoren 48 ein entsprechendes Signal ausgeben. Wiederum steigt die Verkipfung mit wachsendem Sensorsignal an. Aus den Signalen der Sensoren 46, 48 kann mithin die Richtung der Verkipfung und die Stärke der Verkipfung der Flugkörperachse zur Ausrichtung des Laserstrahls 8 bestimmt werden. Die Lenkung beziehungsweise die Lenkflügel 22 werden unter Verwendung der Sensorsignale angesteuert und die Verkipfung wird hierdurch reduziert, insbesondere bis ein Parallelflug des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 erreicht wird.

[0061] Der Schutz der Abschattung des Fahrzeugs 2

vor dem Laserstrahl 8 durch den Lenkflugkörper 12 wird durch den Ausstoß von Material 66 aus vier Düsen 68 verstärkt. Auch diese sind tangential über den Umfang der Außenhülle des Lenkflugkörpers 12 verteilt und am hinteren Ende des Lenkflugkörpers 12 angeordnet, wie in FIG 2 dargestellt ist. Als Material 66 wird Rauch mit Flitterpartikeln ausgestoßen, die einen retro-reflektiven Effekt verursachen. Auf Partikel treffende Laserstrahlung wird in 180° umgekehrte Richtung zurück zur Laserquelle 10 gespiegelt, sodass ein nicht unerheblicher Energieeintrag in die Laserquelle 10 erfolgt. Hierdurch kann diese gestört oder sogar zerstört werden. Die Düsen 68 werden von der Steuereinheit 26 entsprechend der Lage des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 angesteuert. Befindet sich der Laserstrahl 8 versetzt zum Lenkflugkörper 12, so wird nur Material 66 zu der Seite ausgeblasen, an der der Laserstrahl 8 relativ zum Lenkflugkörper 12 ist. Bei dem in FIG 4 gezeigten Flugmoment wird das Material 66 nur aus der rechten oberen Düse 68 ausgeblasen, da sich der Laserstrahl in diesem Moment in der Ansicht aus FIG 4 rechts oberhalb des Lenkflugkörpers 12 befindet. Hierdurch kann eine Abschattung auch dann gewährleistet werden, wenn der Lenkflugkörper 12 durch Lenkfehler oder eine Verschwenkung des Laserstrahls 8 den Laserstrahl 8 verlässt. Dies ist in FIG 3 angedeutet, bei der sich rechts am Flugkörper 12 vorbeigeleitete Laserstrahlung 70 in der Wolke aus Material 66 verliert.

[0062] Alternativ oder zusätzlich zu den Düsen 68 kann der Lenkflugkörper 12 an seiner Vorderseite Ablationsmaterial 72 tragen. Trifft der Laserstrahl 8 auf das Ablationsmaterial 72, so verbrennt dieses beziehungsweise löst sich in Rauch auf. Der Rauch hat den gleichen Effekt wie das Material 66 und kann auch mit Flittermaterial versehen sein, das in das Ablationsmaterial 72 eingearbeitet ist.

[0063] Als einen weiteren Angriff auf die Laserquelle 10 kann der vordere Teil des Lenkflugkörpers 12 mit einer Reflexionsschicht versehen sein, die beispielsweise auf die Ablationsschicht 72, auf einen Dom 74 oder eine andere nach vorne weisende Stelle des Lenkflugkörpers 12 aufgebracht ist. Diese zweckmäßigerweise retroreflektierende Schicht wirft das Laserlicht in entgegengesetzte Richtung und somit auf die Laserquelle 10 zurück zur Störung oder Zerstörung dieser. Bei direktem Auftreffen des Laserstrahls 8 auf die Reflexionsschicht wird diese zwar sehr schnell zerstört, reflektiert das Laserlicht jedoch für einige 10 bis 100 ms, sodass der Lenkflugkörper 12 beim ersten Treffer durch den Laserstrahl 8 stark zurückblitzt. Die Ablationsschicht 72 ist zweckmäßigerweise alternativ zum Sensor 32 vorhanden, um diesem das Bildfeld nach vorn nicht zu versperren.

[0064] Zur Ablationsschicht 72 alternativ kann Ablationsmaterial und/oder eine Reflexionsschicht unterhalb des Doms 74 des Lenkflugkörpers 12 angeordnet sein, beispielsweise auf der Außenseite der Abdeckung 40. In diesem Fall können Ablationsmaterial 72 auf der Abdeckung 40 und der Sensor 32 miteinander kombiniert werden. Ein Verdampfen des Ablationsmaterials 72 unter-

halb des Doms 74 würde jedoch zu einem erhöhten Innendruck innerhalb des Flugkörpers 12 führen. Zur Abführung des Überdrucks enthält der Flugkörper 12 daher Öffnungen 76, aus denen der entstehende Rauch abgeführt wird.

[0065] Um eine Bekämpfung durch den Lenkflugkörper 12 zu stören oder zu vermeiden, kann es sein, dass das Lasersystem 6 die Laserquelle 10 ausschaltet, sodass der Laserstrahl 8 verschwindet. Eine Leitung des Fluges des Lenkflugkörpers 12 entlang des Laserstrahls 8 ist nun nicht mehr möglich. Dieses Ausschalten wird jedoch durch die Sensoren 42 - 48 erkannt. Die Abdeckung 40 öffnet und gewährt dem Sensor 32 einen Blick nach vorne. Der Sensor 32 sucht nach Wärmequellen in seinem Gesichtsfeld. Aufgefundene Wärmequellen werden mit in einer Datenbank gespeicherten 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 vom Sensor 32 erkannten 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.

[0066] Um einer Zerstörung des Sensors 32 zuvorzukommen, öffnet die Abdeckung 40 nur für einen kurzen Zeitraum und schließt dann wieder zum Schutz des Sensors 32. Eine Öffnungsdauer von 50 ms reicht hierbei aus, um die Laserquelle 10 zu finden, zu identifizieren und deren Richtung festzustellen. Der Lenkflugkörper 12 kann nun anhand dieser Daten in die Laserquelle 10 hineinfliegen. Um eine Zerstörung des Sensors 32 durch ein nur kurzfristiges Ausschalten der Laserquelle 10 zu vermeiden, öffnet die Abdeckung 40 erst nach einer voreingestellten Weile nach Abschalten der Laserquelle 10. Diese voreingestellte Zeit kann von Lenkflugkörper 12 zu Lenkflugkörper 12 verschieden sein, damit das Lasersystem 6 die Öffnungszeit nach Abschalten der Laserquelle 10 nicht kennt. Nach Ablauf der Wartezeit öffnet die Abdeckung 40 für die voreingestellte Zeit, beispielsweise 50 ms und schließt wieder. Der Sensor 32 ist gegen ein Wiederaufflammen des Laserstrahls 8 geschützt.

[0067] Ein Aktivieren des Sensors 32 ist auch möglich, wenn der Laserstrahl 8 ausreichend weit vom Flugkörper 12 entfernt ist, beispielsweise weil der Laserstrahl 8 weit verschwenkt wurde. Auch hierdurch kann die Laserquelle 10 direkt erfasst und somit leichter angesteuert werden. Der Abstand des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 wird durch die Sensoren 42 abgeschätzt, und die Steuereinheit 26 öffnet die Abdeckung 40 in Abhängigkeit vom Sensorsignal.

Bezugszeichenliste

[0068]

- | | |
|---|------------|
| 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 Vertiefung
 52 Gesichtsfeld
 54 Finne
 56 Gesichtsfeld
 58 Schräge
 60 Bereich
 62 Bereich
 64 Gesichtsfeld
 66 Material
 68 Düse
 70 Laserstrahlung
 72 Ablationsmaterial
 74 Dom
 76 Öffnung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen von einer Laserquelle (10) ausgehenden Laserstrahl (8), bei dem ein Sensor (16, 42, 44, 46, 48) die Laserstrahlung des Laserstrahls (8) detektiert, ein Lenkflugkörper (12) in den Laserstrahl (8) hinein fliegt, im Laserstrahl (8) auf die Laserquelle (10) zufliegt und hierbei das Fahrzeug (2) vor dem Laserstrahl (8) abschattet.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein gegen den Laserstrahl (8) abgeschatteter Sensor (16, 42, 44, 46, 48) an der Umgebungsluft gestreute Laserstrahlung detektiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere über den Umfang eines Außengehäu-

ses des Lenkflugkörpers (12) verteilt angeordnete Sensoren (42, 44, 46, 48) Laserstrahlung detektieren und der Flug des Lenkflugkörpers (12) so gesteuert wird, dass die detektierte Laserstrahlung bei allen Sensoren (42, 44, 46, 48) gleich ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lenkflugkörper (12) ein Außengehäuse mit einer äußeren Streufläche (58) aufweist, die zumindest zwei tangential zueinander versetzte Bereiche (52, 60, 62) umfasst, und der Flug des Lenkflugkörpers (12) in Abhängigkeit davon gesteuert wird, welcher der Bereiche (52, 60, 62) vom Laserstrahl (8) getroffen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lenkflugkörper (12) ein Außengehäuse mit einer äußeren Streufläche (58) aufweist, die zumindest zwei radial zueinander versetzte Bereiche (52, 60, 62) aufweist und eine Steuerung des Lenkflugkörpers (12) davon abhängig ist, welcher der Bereiche (52, 60, 62) vom Laserstrahl (8) getroffen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass anhand einer Rückstreuintensität der Bereiche (52, 60, 62) eine Ausrichtung des Lenkflugkörpers (12) zum Laserstrahl (8) bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass für jeden der Bereiche (52, 60, 62) zumindest ein Sensor (44, 46, 48) vorhanden ist, der auf diesen Bereich (52, 60, 62) ausgerichtet ist und dessen Blick auf den anderen Bereich (60, 62, 52) versperrt ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lenkflugkörper (12) während des Flugs auf die Laserquelle (10) Material (66) wolkenförmig ausstößt, sodass hierdurch eine Abschattungsfläche vergrößert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Material (66) aus mehreren Düsen (68) ausgestoßen wird, und eine Steuereinheit (26) den Materialausstoß aus den einzelnen Düsen (68) in Abhängigkeit der Lage des Lenkflugkörpers (12) zum Laserstrahl (8) steuert.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Laserstrahlung von einem unter einem Dom (74) des Lenkflugkörpers (12) angeordneten Reflektor reflektiert wird.

5

11. Lenkflugkörper (12) mit einem Außengehäuse, einer Spitze, einem Lenksystem (22, 24), einem Sensor (42, 44, 46, 48) zur Detektion von Laserstrahlung eines Laserstrahls (8) und einer Steuereinheit (26), die dazu vorbereitet ist, unter Verwendung der Daten des Sensors das Lenksystem (22, 24) so anzusteuern, dass die Spitze im Laserstrahl verbleibend auf die Laserquelle (8) zu steuert. 10
12. Lenkflugkörper nach Anspruch 11, **gekennzeichnet,** **durch** ein Abschattungselement, das den aktiv detektierenden Sensor (42, 44, 46, 48) gegen von vorne auftreffende Laserstrahlung abschattet, wobei das Abschattungselement insbesondere eine Vertiefung (50) im Außengehäuse umfasst, in der der Sensor (42, 44, 46, 48) angeordnet und nach hinten ausgerichtet ist. 15 20
13. Lenkflugkörper nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** ein Sensorsystem (14) zumindest drei über den Umfang des Außengehäuses des Lenkflugkörpers (12) verteilt angeordnete und schräg nach hinten ausgerichtete Sensoren (42, 44, 46, 48) aufweist. 25 30
14. Lenkflugkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** ein Detektionsraumwinkelbereich des Sensors gegenstandsfrei ist und/oder ein Detektionsraumwinkelbereich eines Sensors (44, 46, 48) der Sensoreinheit auf eine Streufläche (54, 58) gerichtet ist. 35
15. Lenkflugkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **gekennzeichnet,** **durch** einen Dom (74) mit einem dahinter angeordneten Raum, der über Öffnungen (76) mit der Umgebung des Lenkflugkörpers (12) zu einem Druckausgleich verbunden ist. 40 45
16. Lenkflugkörper nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **gekennzeichnet,** **durch** einen Wirkteil (30) mit einer Detonationsladung und Splittermaterial, die so zueinander angeordnet sind, dass das Splittermaterial bei einer Detonation der Detonationsladung in einem Kegel nach vorne geschleudert wird. 50

55

FIG 1

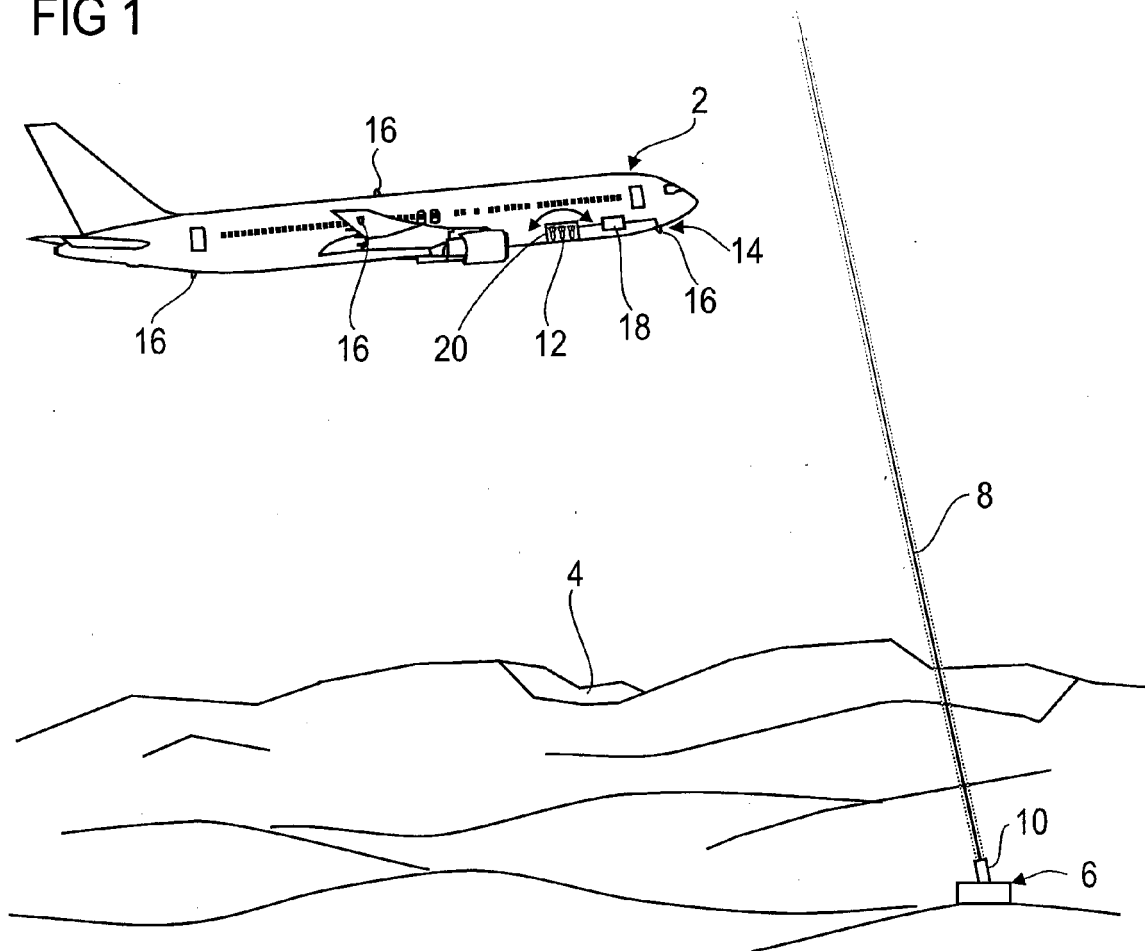


FIG 2

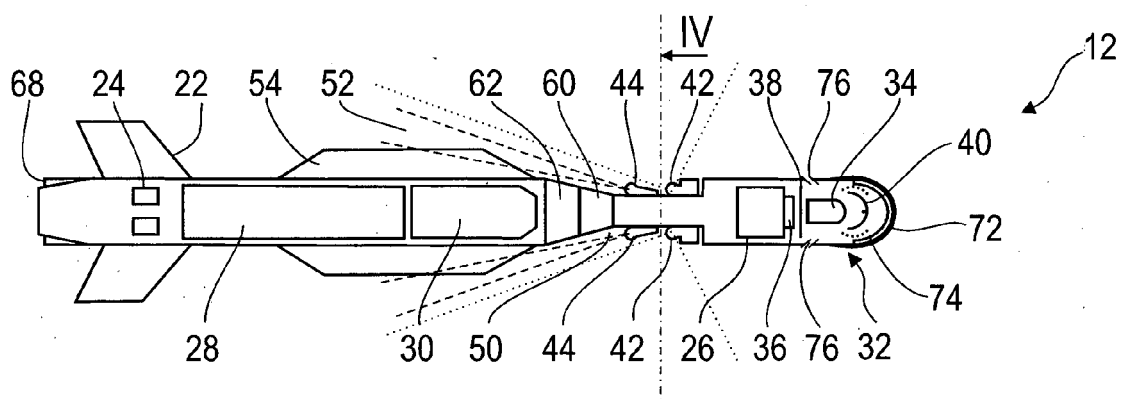


FIG 3

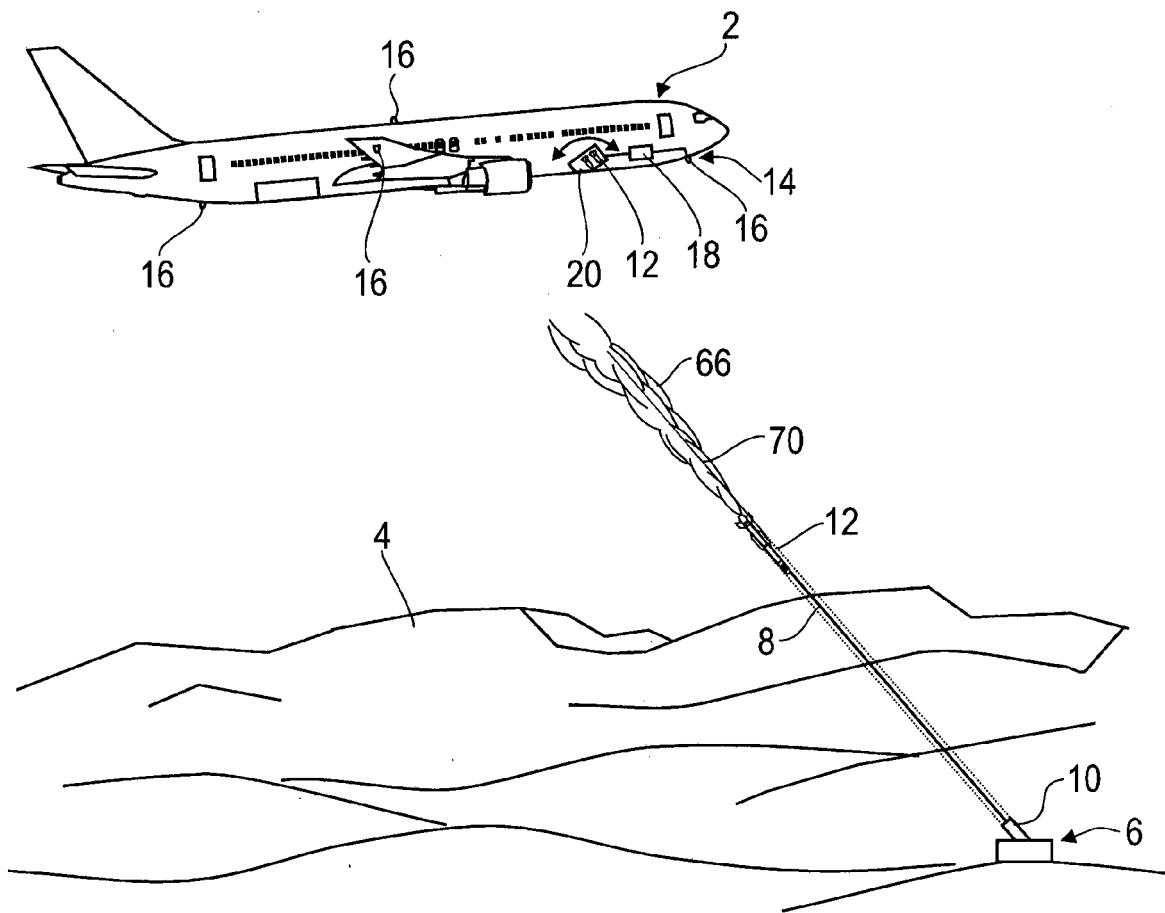
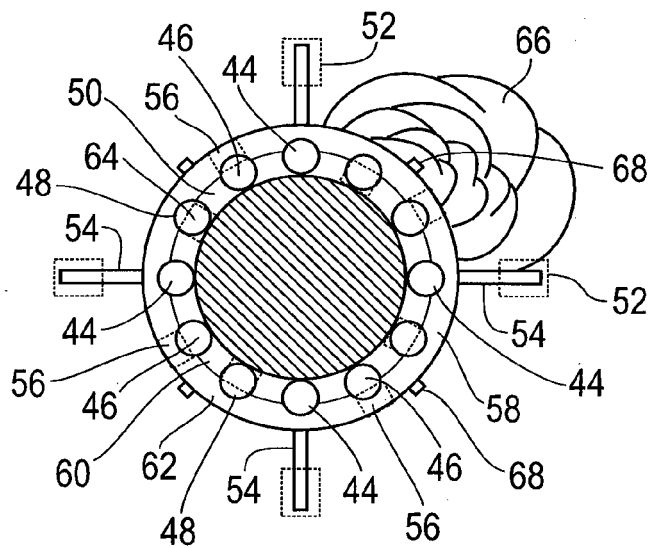


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 00 1538

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 02/14777 A1 (SAABTECH ELECTRONICS AB [SE]; DAHLBERG ANDERS [SE]) 21. Februar 2002 (2002-02-21) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Seite 5, Zeile 6 - Seite 6, Zeile 7 *	1-16	INV. F41H11/00 F41H13/00 F42B15/01 F41G7/26
A	EP 2 752 681 A1 (BOEING CO [US]) 9. Juli 2014 (2014-07-09) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 * * Absätze [0016], [0017] * * Absatz [0022] *	1-16	
A	US 2015/060652 A1 (VOLFSON LEO [US]) 5. März 2015 (2015-03-05) * Abbildungen 1A, 1B, 2A, 6 * * Absätze [0028], [0029], [0033] * * Absätze [0049], [0081] *	1	
A	US 4 471 683 A (BROWN HERMAN E [US]) 18. September 1984 (1984-09-18) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 2, Zeile 64 - Zeile 68 * * Seite 3, Zeile 67 - Seite 4, Zeile 12 *	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	EP 2 816 310 A2 (ROSEMOUNT AEROSPACE INC [US]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24) * Abbildung 1 * * Absatz [0002] - Absatz [0004] * * Absatz [0018] - Absatz [0019] *	11	F41H F42B F41G F41J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 16. November 2016	Prüfer Schwengel, Dirk
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 16 00 1538

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

16-11-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 0214777	A1	21-02-2002	AU 8276401 A		25-02-2002
				WO 0214777 A1		21-02-2002
15	EP 2752681	A1	09-07-2014	CN 103913223 A		09-07-2014
				EP 2752681 A1		09-07-2014
				KR 20140090065 A		16-07-2014
				RU 2013156274 A		27-06-2015
				US 2014192367 A1		10-07-2014
20	US 2015060652	A1	05-03-2015	KEINE		
	US 4471683	A	18-09-1984	KEINE		
25	EP 2816310	A2	24-12-2014	EP 2816310 A2		24-12-2014
				US 2015362290 A1		17-12-2015

EPO FORM P0461

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