

(19)



(11)

EP 3 118 564 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)
F41G 7/26 (2006.01) **F42B 15/01** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16001537.6**

(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 102015009360**

(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)

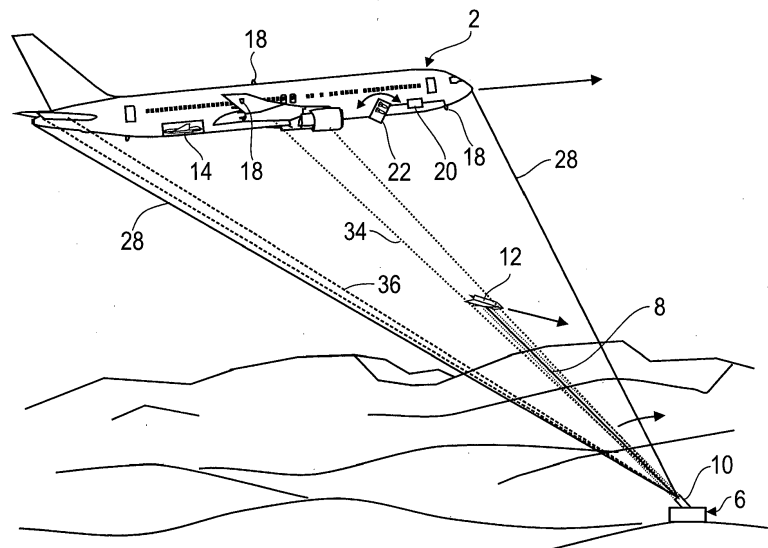
(54) **VERFAHREN ZUM SCHÜTZEN EINES FAHRZEUGS VOR EINEM ANGRIFF DURCH EINEN LASERSTRAHL**

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

Ein effektiver Schutz kann erreicht werden, wenn ein

Sensorsystem (14) Laserstrahlung des Laserstrahls (8) detektiert, und ein Lenkflugkörper (12, 14) in den Laserstrahl (8) hinein fliegt und das Fahrzeug (2) hierdurch abschattet.

FIG 3



EP 3 118 564 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen 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 Sensorsystem Laserstrahlung des Laserstrahls detektiert und ein Lenkflugkörper in den Laserstrahl hinein fliegt und das Fahrzeug hierdurch abschattet. Der Laserstrahl kann nicht mehr oder nur noch geschwächt zum Fahrzeug durchdringen und durch den Schatten wird das Fahrzeug geschützt. Wurde das Fahrzeug bereits beleuchtet, so kann eine bereits erwärmte Stelle des Fahrzeugs abkühlen. Die Abschattung geschieht zweckmäßigerweise so zügig, dass die am Fahrzeug deponierte Laserenergie noch nicht zu für das Fahrzeug bedrohlichen Schäden geführt hat.

[0005] Das Verfahren ist besonders geeignet zum Einsatz gegen eine Hochenergielaserquelle beziehungsweise einem Hochenergielaserstrahl. Ebenfalls vorteilhaft ist eine Abwehr eines Störlasers. Das Sensorsystem umfasst zumindest einen für Laserstrahlung sensitiven Sensor, der die Laserstrahlung des Laserstrahls detektiert. Hierfür ist der Sensor beziehungsweise das Sensorsystem 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 das Sensorsystem mittels bildverarbeitender Methoden einen Laserstrahl als solchen in der Umgebung erkennt, beispielsweise anhand von Streustrahlung. Hierfür enthält das Sensorsystem vorteilhafterweise einen Bildsensor, beispielsweise einen Matrixdetektor.

[0006] Das Sensorsystem kann Teil des Fahrzeugs

sein, und der Sensor kann fest im Fahrzeug verbaut sein. Das Sensorsystem detektiert Laserstrahlung des Laserstrahls, also von der Laserquelle direkt emittierte Strahlung und/oder aus dem Laserstrahl gestreute Laserstrahlung, beispielsweise durch die Streuung des Laserstrahls in der Luft, an Partikeln und/oder an einem Gegenstand. Das Sensorsystem nimmt die Strahlung auf und wandelt sie in ein Messsignal um. Aus dem Messsignal ermittelt eine Steuereinheit zweckmäßigerweise eine Bedrohungsstufe der Laserstrahlung, beispielsweise durch eine Klassifikation in zumindest die Stufen bedrohlich oder harmlos. Dies kann beispielsweise über die gemessene Streulichtstärke in der Atmosphäre, einen Energieeintrag in das Sensorsystem, ein Streuspektrum und/oder über ein zeitliches Charakteristikum der Strahlung erfolgen, wie eine Pulsierung.

[0007] 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.

[0008] Der Flugkörper ist zweckmäßigerweise ein Lenkflugkörper und insbesondere ein unbemannter Flugkörper. Er kann mit einem Raketenmotor und/oder einem Luft atmenden Motor, wie beispielsweise einem Turbinenantrieb, ausgestattet sein. Hierbei ist ein Luft atmender Motor bei einem Begleitschutz des Fahrzeugs durch den Flugkörper vorteilhaft. Ein zweckmäßigerweise zusätzlicher Raketenmotor ist für einen schnellen Start und das zügige Erreichen einer Abschattungsposition vorteilhaft. Ebenfalls möglich ist ein Flugkörper ohne einen eigenen Motor, beispielsweise in Form eines Lenkgeschosses. Zweckmäßigerweise ist der Flugkörper mit einem Abschattungssegel versehen, das während des Flugs des Flugkörpers ausfahrbar ist, sodass eine Abschattungsfläche des Flugkörpers vergrößert wird.

[0009] Vorteilhafterweise begleitet der Lenkflugkörper das Fahrzeug und hält das Fahrzeug vom Laserstrahl abgeschattet. Der Lenkflugkörper ist insofern vorteilhafterweise ein loiterfähiger Flugkörper, der in der Lage ist, sich mit im Wesentlichen der gleichen Geschwindigkeit zu bewegen, mit der sich das Fahrzeug bewegt. Der loiterfähige Lenkflugkörper kann zwischen dem Fahrzeug und einer Laserquelle des Laserstrahls verbleiben und schützt das Fahrzeug durch Abschattung auf diese Weise zumindest über eine vorgegebene Zeitdauer und/oder solange ein als bedrohlich klassifizierter Laserstrahl erkannt wird.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Lenkflugkörper vom Fahrzeug aus gestartet. Hierdurch kann ein besonders schneller Schutz des Fahrzeugs vor dem Laserstrahl erreicht werden, da der Flugkörper bereits vor Ort ist und zur Abschattung in den Laserstrahl eintauchen kann.

[0011] Je nach Tragfähigkeit des Fahrzeugs ist ein leichter Lenkflugkörper günstig. Auch hinsichtlich der Kosten ist ein leichter und einfacher Lenkflugkörper vor-

teilhaft. Kosten und Gewicht können eingespart werden, wenn der Lenkflugkörper antriebsfrei ist, also keinen eigenen Antriebsmotor aufweist. In einem solchen Fall kann der Lenkflugkörper vom Fahrzeug aus abgeschossen werden, zweckmäßigerweise nach vorne, worunter auch eine Richtung schräg nach vorne verstanden werden soll. Die Loiterfähigkeit des Flugkörpers entsteht durch ein Mitsegeln des Lenkflugkörpers unterhalb des Fahrzeugs, zweckmäßigerweise schräg nach unten, um eine ausreichende Geschwindigkeit zu halten. Ein solcher Flugkörper kann abgeschossen werden, nach unten in Richtung zur Laserquelle des Laserstrahls segeln und hierdurch das weiter oben fliegende Fahrzeug abschatten. Hierunter kann im Folgenden verstanden werden, dass der Lenkflugkörper seinen Abstand zur Laserquelle verringert und seinen Abstand zum Fahrzeug vergrößert: Je näher der Flugkörper zur Laserquelle kommt, desto langsamer muss er vorwärts fliegen im Vergleich zum weiter oben fliegenden Fahrzeug.

[0012] Eine Möglichkeit zur Steuerung des Lenkflugkörpers besteht darin, dass der Ort der Laserquelle des Laserstrahls bestimmt wird. Aus diesem Ort und der Position des Fahrzeugs kann ein Abschattungskorridor berechnet werden, in dem der Flugkörper bleiben muss, um das Fahrzeug abzuschatten. Das Ende des Abschattungskorridors an der Laserquelle bleibt fix im Raum oder wandert mit der Bewegung der Laserquelle mit, und das andere Ende wandert mit dem bewegten Fahrzeug mit. Ist die Lage des Abschattungskorridors bekannt, kann der Flugkörper in diesem gehalten werden zur Abschattung des Fahrzeugs.

[0013] Der Flug des Lenkflugkörpers kann von einer Steuereinheit des Lenkflugkörpers und/oder einer Steuereinheit des Fahrzeugs gesteuert werden. Eine der Steuereinheiten erkennt den Laserstrahl zweckmäßigerweise als solchen, beispielsweise anhand von Streustrahlung des Laserstrahls und insbesondere mit Hilfe bildverarbeitender Methoden oder anhand der Erkennung eines leuchtenden Lichtflecks auf dem Fahrzeug.

[0014] Insofern ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit aus den Daten des Sensorsystems die Position einer Laserquelle bestimmt, die den Laserstrahl aussendet. Hierbei kann ein Strahlende des Laserstrahls erkannt werden, und aus der Lage des Strahls kann die Position der Laserquelle bestimmt werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Position aus Triangulation aus den Daten mehrerer Sensoren bestimmt werden. Die Position der Laserquelle kann als eine Richtung erfasst werden, beispielsweise als absolute Richtung oder als eine Richtung relativ zur Flugrichtung des Luftfahrzeugs. Ebenfalls ist es möglich, die Richtung als absolute, also geographische Richtung zu bestimmen.

[0015] Weiter ist eine Bestimmung einer Entfernung der Laserquelle vom Sensorsystem vorteilhaft. Dies kann besonders einfach unter Verwendung einer Flughöhe des Fahrzeugs geschehen. Ist die Richtung der Laserquelle und die Flughöhe bekannt, kann hieraus die Entfernung zur Laserquelle in einfacher Weise errechnet

werden, insbesondere unter Einbeziehung topografischer Daten einer überflogenen Landschaft.

[0016] Die Steuereinheit leitet einen Start des Flugkörpers zweckmäßigerweise 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 gestartet. Wird ein Laserstrahl nicht als solcher erkannt oder als nicht bedrohlich klassifiziert, unterbleibt das Starten des Flugkörpers zweckmäßigerweise.

[0017] Der Flug des Flugkörpers kann durch eine Steuereinheit des Flugkörpers selbständig gesteuert werden. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, dass die im Fahrzeug verbleibende Steuereinheit den Flug des Flugkörpers steuert beziehungsweise mitsteuert. Beispielsweise kann dem selbständig steuernden Flugkörper eine Ausweich- oder Abschattungsanweisung vom Fahrzeug ausgegeben werden, die dann von der Steuereinheit des Flugkörpers berücksichtigt wird.

[0018] Eine Steuerung des Lenkflugkörpers vom Fahrzeug aus ist auch dann vorteilhaft, wenn die Lage des Laserstrahls beziehungsweise der Laserquelle vom Fahrzeug genau ermittelt wird oder das Fahrzeug ein Auftreffen des Laserstrahls detektiert. Der Flugkörper kann vom Fahrzeug aus in eine Abschattungsposition bzw. in den Abschattungskorridor dirigiert werden.

[0019] Hierfür ist es vorteilhaft, wenn eine Steuereinheit, insbesondere die des Fahrzeugs, sowohl die Position des Fahrzeugs als auch die Position einer Laserquelle des Laserstrahls ermittelt. Die Steuereinheit kann den Flug des Lenkflugkörpers steuern und diesen zwischen der Laserquelle und dem Fahrzeug halten. Zweckmäßigerweise ermittelt die Steuereinheit auch die Position des Lenkflugkörpers und berücksichtigt diese bei der Steuerung des Lenkflugkörpers. Die Positionen können absolute Positionen sein, beispielsweise mit einem Bezug auf ein Erdkoordinatensystem, oder relative Positionen des Fahrzeugs und der Laserquelle und insbesondere des Lenkflugkörpers zueinander.

[0020] Die Bereiche eines Fahrzeugs sind in der Regel unterschiedlich laserhart, und auch weniger laserharte Stellen sind vorhanden, deren Zerstörung nicht zu einem kritischen Zustand des Fahrzeugs allgemein führt. Entsprechend ist es vorteilhaft, wenn der Flug des Lenkflugkörpers so gesteuert wird, dass dieser zwischen der Laserquelle und einer vorbestimmten, zu schützenden lasersensiblen Stelle des Fahrzeugs verbleibt. So kann beispielsweise eine lasersensitive Stelle des Fahrzeugs gezielt durch die entsprechende Flugsteuerung des Flugkörpers abgeschattet werden. Der Flugkörper verbleibt zwischen der Laserquelle und der vorbestimmten Stelle, ist also an einer solchen Position, dass die Stelle vom Laserstrahl abgeschattet ist oder sie abschatten würde, wenn der Laserstrahl die Stelle beleuchten würde.

[0021] Eine lasersensible Stelle kann eine solche Stelle bzw. ein solcher Bereich sein, dessen Bestrahlung mit einem Hochenergielaser für einen Dauer von weniger

als 5 Sekunden zu einem kritischen Zustand des Fahrzeugs allgemein führt. Als lasersensible Stelle ist hierbei nicht nur ein geometrischer Punkt am Fahrzeug zu verstehen, sondern ein räumlich ausgedehnter Bereich, der vor Bestrahlung durch Hochenergielaserstrahlung zu schützen ist. Die Summe der lasersensiblen Stellen des Fahrzeugs beschränkt sich zweckmäßigerweise auf maximal 25% der von der Laserquelle sichtbaren Silhouettenfläche des Fahrzeugs.

[0022] Eine weitere Möglichkeit zur Steuerung des Lenkflugkörpers besteht darin, dass eine vom Laserstrahl beleuchtete Stelle des Fahrzeugs erkannt und diese lokalisiert wird. Ist die Position der Laserquelle bekannt, kann ein Abschattungskorridor berechnet werden und der Flugkörper kann innerhalb des Abschattungskorridors gehalten bleiben. Jedoch auch dann, wenn die Position der Laserquelle nicht bekannt ist, kann eine beleuchtete Stelle am Fahrzeug abgeschattet werden, insbesondere wenn der Lenkflugkörper relativ nahe am Fahrzeug gehalten wird. Beispielsweise fliegt der Lenkflugkörper direkt unter dem Fahrzeug und schattet die beleuchtete Stelle ab. Es ist insofern vorteilhaft, wenn die Position einer Leuchtstelle, an der der Laserstrahl das Fahrzeug trifft, bestimmt wird und der Lenkflugkörper in Abhängigkeit von der Position der Leuchtstelle gesteuert wird.

[0023] Eine Erkennung einer am Fahrzeug vom Laserstrahl beleuchteten Stelle ist besonders einfach von einem in der Nähe fliegenden Flugkörper, insbesondere dem Lenkflugkörper, möglich. Hierzu kann dieser einen auf das Fahrzeug ausgerichteten Sensor aufweisen, der zur Erkennung eines Laserleuchtflecks vorbereitet ist. Der Sensor sensiert die Leuchtstelle, an der der Laserstrahl das Fahrzeug trifft, und eine Steuereinheit, zweckmäßigerweise eine Steuereinheit des Lenkflugkörpers, bestimmt die Position der Leuchtstelle, beispielsweise relativ zu einer Position des Lenkflugkörpers und oder einer Referenzstelle des Fahrzeugs. Die Steuereinheit kann den Flug des Lenkflugkörpers nun so steuern, dass die Leuchtstelle auf dem Fahrzeug verschwindet. Die Leuchtstelle kann mit oder ohne Erkennung ihrer Relativposition zum Lenkflugkörper als Steuergröße, insbesondere als Regelgröße, zur Lenkung des Lenkflugkörpers verwendet werden. Ist die Leuchtstelle auf dem Fahrzeug erkennbar, so wird der Flug des Lenkflugkörpers so gesteuert, dass die Leuchtstelle verschwindet.

[0024] Zweckmäßigerweise wird erkannt, ob die Leuchtstelle eine lasersensible Stelle des Fahrzeugs bedeckt. Die Erkennung kann von einer Steuereinheit des Lenkflugkörpers durchgeführt werden. Die Erkennung kann anhand von hinterlegten Sensibilitätsdaten des Fahrzeugs erfolgen. Wird eine lasersensible Stelle des Fahrzeugs beleuchtet, so wird der Flug des Lenkflugkörpers zweckmäßigerweise so gesteuert, dass die Leuchtstelle verschwindet. Ist die beleuchtete Stelle keine lasersensible Stelle, die Beleuchtung der Stelle führt also auch bei einer längeren Beleuchtung nicht zu einer kritischen Beschädigung der Stelle, so kann auf die Abschattung

dieser ausreichend laserharten Stelle verzichtet werden. Der Lenkflugkörper kann so gesteuert werden, dass er eine andere - insbesondere lasersensitive - Stelle abschattet, er also zwischen der Laserquelle und dieser lasersensitiven Stelle verbleibt auch wenn diese nicht beleuchtet wird.

[0025] Zur Bestimmung der Position der beleuchteten Stelle auf dem Fahrzeug ist es vorteilhaft, wenn eine Steuereinheit die Position der Leuchtstelle auf dem Fahrzeug anhand charakteristischer Bildmerkmale des Fahrzeugs bestimmt. Hierzu sind die charakteristischen Bildmerkmale zweckmäßigerweise zumindest teilweise in einer Datenbank hinterlegt, auf die die Steuereinheit Zugriff hat.

[0026] Zum Schutz eines Lasersensors ist es vorteilhaft, wenn dieser auf einer der Laserquelle abgewandten Seite des Lenkflugkörpers angeordnet ist und beispielsweise nach oben ausgerichtet ist. Nach oben kann hierbei so verstanden werden, dass der Schwerpunkt der Aufnahmeausrichtung des Sensors in den oberen Halbraum gerichtet ist, dessen Zenit in entgegengesetzter Richtung zum Erdmittelpunkt liegt. Dies kann auch bei einem auf dem Erdboden in regulärer Parkstellung geparkten Lenkflugkörper sein Fall sein, sodass der Sensor auf der Oberseite des Lenkflugkörpers angeordnet ist. Der Lenkflugkörper kann das Fahrzeug von unten beobachten und auf Leuchtstellen überwachen.

[0027] Ein Schutz des Fahrzeugs durch den Lenkflugkörper kann von einer angreifenden Stelle aus erkannt und eine Steuerung des Laserstrahls kann entsprechend verändert werden. Beispielsweise wird der Laserstrahl in schneller Folge auf mehrere lasersensitive Stellen ausgerichtet, sodass an diesen Stellen jeweils eine große Menge Laserenergie deponiert wird. Durch die Trägheit des Lenkflugkörpers ist dieser eventuell nicht in der Lage, dem schnellen Zielwechsel zu folgen. Um dennoch einen ausreichenden Schutz des Fahrzeugs zu erreichen ist es vorteilhaft, wenn der Flug des Lenkflugkörpers so gesteuert wird, dass der Lenkflugkörper seinen Schatten auf mehrere zu schützende Stellen des Fahrzeugs so wirft, dass keine der Stellen länger als eine jeweils vorgegebene Zeitdauer vom Laserstrahl beleuchtet wird. So wird beispielsweise die Beleuchtung einer zweiten Stelle hingenommen, ohne dass der Lenkflugkörper zur Abschattung dieser zweiten Stelle gesteuert wird. Erst wenn diese zweite Stelle so lange beleuchtet wird, dass die vorgegebene Zeitdauer erreicht zu werden droht, so wird die Position des Lenkflugkörpers relativ zum Luftfahrzeug geändert und die zweite Stelle wird zu deren Abkühlung abgeschattet.

[0028] Die vorgegebene Zeitdauer kann von einer Lasersensibilität der Stellen abhängen, sodass die Zeitdauer desto größer ist, je laserhärter die betreffende Stelle ist. Die Zeitdauer kann auch von einer Laserleistung abhängen, die beispielsweise von einer Steuereinheit des Fahrzeugs berechnet wurde. Weiter kann die Zeitdauer von der Anzahl der in der Vergangenheit beleuchteten Stellen am Fahrzeug abhängig sein. Außerdem kann die

vorgegebene Zeitdauer von einem Abstand der beleuchteten Stellen zueinander abhängig sein, sodass eine Wechseldauer, die ein Wechsel des Lenkflugkörpers von einer Abschattungsposition in die andere einnimmt, berücksichtigt wird. Des Weiteren kann die Zeitdauer von der Menge einer zuvor an dieser Stelle deponierten Laserenergie und einer Abkühlzeit abhängen. Wurden die Stellen bereits zuvor beleuchtet und die Abkühlzeit war gering, so ist die vorgegebene Zeitdauer kleiner, als wenn die Abkühlzeit größer gewesen ist.

[0029] Beispielsweise wird eine bestrahlte Stelle am Fahrzeug bestimmt. Nun können eine Temperatur, eine deponierte Energiemenge, ein Beeinträchtigungsgrad und/oder dergleichen dieser Stelle bestimmt werden. Weiter kann eine Laserhärte der Stelle berücksichtigt werden, beispielsweise eine Zerstörungszeitdauer, ab der eine weitere Bestrahlung der Stelle zu einer Zerstörung der Stelle führt. Ferner kann eine Wechseldauer, die ein Wechsel der Abschattungsposition des Lenkflugkörpers von einer abgeschatteten zu einer bestrahlten Stelle dauert, bestimmt werden. In Abhängigkeit von einem oder mehreren der oben genannten Größen kann ein Wechselzeitpunkt bestimmt werden, an dem der Lenkflugkörper an eine neue Abschattungsposition gesteuert wird. Zum Wechselzeitpunkt wird der Flugkörper nun an die neue abzuschattende Stelle dirigiert.

[0030] Es ist vorteilhaft, wenn der Flug des Lenkflugkörpers so gesteuert wird, dass ein Flugkörperschatten von der momentan beschatteten Stelle zu einer momentan bestrahlten Stelle wechselt in Abhängigkeit von einer Abkühldauer der momentan beschatteten Stelle. Weiter kann zweckmäßigerweise eine Laserhärte beziehungsweise Beschädigungszeit der momentan bestrahlten Stelle und eine Wechseldauer, die das Bewegen des Schattens zwischen den Stellen dauert, berücksichtigt werden.

[0031] Eine weitere Möglichkeit der Abschattung besteht darin, dass der Lenkflugkörper ein Abschattungsmittel ausstößt. Ein solches Abschattungsmittel kann Rauch, Flitterelemente oder dergleichen umfassen. Das Abschattungsmittel wird zweckmäßigerweise zusätzlich zum Antriebsabgas des Lenkflugkörpers ausgestoßen, sodass der Ausstoß unabhängig von einer Schubsteuerung des Lenkflugkörpers sein kann. Hierfür umfasst der Lenkflugkörper zweckmäßigerweise eine Abschattungsmitteldüse, die zusätzlich zur Triebstrahlöffnung vorhanden ist.

[0032] Weiter ist es vorteilhaft, wenn der Flug des Lenkflugkörpers so gesteuert wird, dass das ausgestoßene Abschattungsmittel eine vorbestimmte, lasersensitive Stelle des Fahrzeugs zumindest teilweise abschattet. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn das Abschattungsmittel in Abhängigkeit von der Position einer Leuchtstelle auf dem Fahrzeug und der Position des Lenkflugkörpers ausgestoßen wird. Liegt beispielsweise die Leuchtstelle hinter dem Lenkflugkörper, sodass eine Abschattung durch den Lenkflugkörper durch eine Abbremsung des Lenkflugkörpers erreicht werden muss,

so kann zunächst das Abschattungsmittel ausgestoßen werden, um eine Abschattung zusätzlich oder bereits früher zu erreichen bevor der Lenkflugkörper mit seinen festen Strukturen die Abschattung dieser Stelle beginnen kann.

[0033] Bei Verwendung von Flitterelementen ist es vorteilhaft, wenn diese eine retroreflektierende Eigenschaft haben. Der Laserstrahl wird an den Flitterelementen in entgegengesetzte Richtung reflektiert, sodass ein Teil der Laserstrahlung auf die Laserquelle zurückgeworfen wird. Deren Funktion kann hierdurch beeinträchtigt werden.

[0034] Um eine schnelle Manövrierfähigkeit für eine schnelle Abschattung zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper ein Bremsmittel, wie eine Bremsklappe oder ein Bremssegel, zum Verringern der Fluggeschwindigkeit aufweist. Dieses wird zweckmäßigerweise während des Fluges ausgefahren und bremst den Lenkflugkörper in Abhängigkeit von dem Ausfahrgrad ab. Die Fluggeschwindigkeit kann zügig verringert und ein Rückfallen des Lenkflugkörpers schnell erreicht werden.

[0035] Außerdem ist es vorteilhaft, wenn der Flugkörper nach seinem Start ein Abschattungselement ausfährt und hierdurch seine Schattenfläche vergrößert, insbesondere auf das zumindest 1,5-fache der Abschattungsfläche des Lenkflugkörpers beim Start. Hierdurch können Ungenauigkeiten bei der Flugsteuerung des Lenkflugkörpers ausgeglichen werden und/oder es können mehrere lasersensitive Stellen zugleich abgeschattet werden.

[0036] Zur Störung der Funktion der Laserquelle ist es außerdem vorteilhaft, wenn Lenkflugkörper einen Reflektor aufweist, insbesondere einen Retroreflektor. Der Reflektor kann beispielsweise auf einem Abschattungselement abgeordnet sein, das nach dem Start des Lenkflugkörpers ausgefahren wird.

[0037] Außerdem ist die Erfindung gerichtet auf einen Lenkflugkörper zum Schützen eines Fahrzeugs vor einem Angriff durch einen Laserstrahl. Um einen wirkungsvollen Schutz des Fahrzeugs vor dem Angriff zu erreichen, umfasst der Lenkflugkörper erfindungsgemäß ein Sensorsystem zum Sensieren von Laserstrahlung des Laserstrahls und eine Steuereinheit, die dazu vorbereitet ist, den Lenkflugkörper in den Laserstrahl hineinzufiegen und das Fahrzeug vor dem Laserstrahl abzuschatten. Zweckmäßigerweise ist die Steuereinheit auch dazu vorbereitet, den Schatten des Lenkflugkörpers auf dem Fahrzeug zu halten.

[0038] 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 einzel-

nen, 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 gegenüberstehend formuliert zu sehen und funktionale Vorrichtungsmerkmale auch als entsprechende Verfahrensmerkmale.

[0039] 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 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.

[0040] Es zeigen:

- FIG 1 ein Luftfahrzeug unmittelbar vor einem Angriff durch ein Lasersystem,
- FIG 2 das Luftfahrzeug, das von einem loiternden Lenkflugkörper gegen einen Laserstrahl des Lasersystems abgeschattet wird,
- FIG 3 das Luftfahrzeug, das von einem auf die Laserquelle zu fliegenden Lenkflugkörper gegen einen Laserstrahl abgeschattet wird,
- FIG 4 das Luftfahrzeug in einer Ansicht von unten mit drei von Laserstrahlen beleuchteten Stellen, von denen eine durch einen Lenkflugkörper teilweise abgeschattet wird, und
- FIG 5 den Lenkflugkörper beim Abschatten einer beleuchteten Stelle durch seine festen Strukturen und dem teilweisen Abschatten einer anderen beleuchteten Stelle durch ein gasförmiges Abschattungsmittel.

[0041] FIG 1 zeigt ein Fahrzeug 2 in Form eines Luftfahrzeugs, das in diesem Fall 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] Zum Schützen des Fahrzeugs 2 weist dieses zumindest einen Flugkörper 12, 14 auf, wobei in FIG 1 zur Erläuterung mehrerer Schutzverfahren drei Flugkörper 12 und ein Flugkörper 14 dargestellt sind. Des Weiteren weist das Luftfahrzeug ein Sensorsystem 16 mit einer Mehrzahl von Sensoren 18 auf, die jeweils mit einer Steuereinheit 20 signaltechnisch verbunden sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Luftfahrzeug mit fünf Sensoren 18 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 18 an der oberen Hälfte des Rumpfs des Luftfahrzeugs. Zum Schutz des Luftfahrzeugs überwachen die Sensoren 18 des Sensorsystems 16 aktiv den Luftraum nach Laserstrahlung. Die Sensoren 18 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. Auf diese Weise wird ein Bild des Laserstrahls 8 aufgenommen, aus dessen Wellenlänge beziehungsweise Spektrum und dessen Geometrie die Steuerein-

heit 20 des Sensorsystems 16 den Laserstrahl 8 insbesondere mittels bildverarbeitender Methoden als solchen erkennt. 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.

[0045] Aus den geometrischen Daten des Laserstrahls 8 sowie dessen Spektrum und Strahlungsintensität klassifiziert die Steuereinheit 20 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 weder der Laserstrahl 8 abgeschattet noch die Laserquelle 10 bekämpft. Bei einer Klassifikation in eine der beiden anderen Stufen wird eine Abschattung und/oder Bekämpfung vorbereitet. Hierzu wird ein Kanister 22, der zumindest einen der Flugkörper 12 beherbergt, in die Richtung der Laserquelle 10 verschwenkt. Diese Verschwenkbarkeit ist in FIG 1 durch den gekrümmten Doppelpfeil am Kanister 22 angedeutet. Alternativ oder zusätzlich wird der Abwurf des Flugkörpers 14 aus dem Rumpf des Luftfahrzeugs 2 vorbereitet. Bei einer Klassifizierung in die höchste der Bedrohungsklassen wird die Bekämpfung und/oder Abschattung 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.

[0046] Sowohl für die Abschattung als auch für eine Bekämpfung der Laserquelle 10 ist es vorteilhaft, wenn die Position der Laserquelle 10 bekannt ist. Diese ermittelt die Steuereinheit 20 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.

[0047] 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. Dies kann auch durch den nach oben gerichteten Sensor 18 ge-

schehen, dessen Blick auf die Laserquelle 10 verstellt ist. Anhand der Ausrichtung des sichtbaren Teils des Laserstrahls 8 kann ferner ein weiterer Verlauf des Laserstrahls 8 in der Umgebung extrapoliert werden.

[0048] 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 18 des Sensorsystems 16 vorgenommen werden, beispielsweise durch einen Sensor 18 an einem Flügel des Luftfahrzeugs 2. Dieser erkennt den Laserstrahl 8 an sich und beide abrupte Enden, wobei die Steuereinheit 20 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 18 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 18 am Luftfahrzeug 2 zueinander bestimmt werden.

[0049] Zum Schutz des Luftfahrzeugs wird nun zumindest ein Flugkörper 12, 14 vom Luftfahrzeug gestartet. Die Steuerung des Starts übernimmt die Steuereinheit 20 des Sensorsystems 16, die auch ein Teil einer zentralen Fahrzeugsteuerung des Fahrzeugs 2 sein kann.

[0050] FIG 2 und FIG 3 zeigen zwei Ausführungsbeispiele zum Schützen des Luftfahrzeugs, die einzeln oder in Kombination durchgeführt werden können. In dem ersten Ausführungsbeispiel aus FIG 2 wird der Flugkörper 14 aus dem Rumpf des Luftfahrzeugs abgeworfen, und dieser beginnt seinen Loiterflug, der im Wesentlichen parallel zum Flug des Luftfahrzeugs verläuft. Zweck dieses Flugs ist es, das Luftfahrzeug, insbesondere zumindest lasersensible Stellen des Luftfahrzeugs, vom Laserstrahl 8 abzuschatten. Der Flugkörper 14 ist mit einem Luft atmenden Verbrennungsmotor, beispielsweise einer Turbine angetrieben, sodass ein langer Flug in Begleitung des Fahrzeugs 2 möglich ist. Alternativ oder zusätzlich ist ein Raketenmotor möglich, insbesondere ein Festbrennstoffmotor, der hinsichtlich seiner Leistung auf die Fluggeschwindigkeit des Luftfahrzeugs abgestimmt ist. Der Flugkörper 14 ist mit großflächigen Flügeln zur großflächigen Abschattung des Luftfahrzeugs ausgestattet. Zumindest die gesamte untere Seite des Flugkörpers 14 ist lasergehärtet ausgeführt, sodass eine Bestrahlung von zumindest drei Minuten durch den Hochenergielaserstrahl 8 keine den Flug beeinträchtigende Zerstörung am Flugkörper 14 erzeugt. Ein Teil der Unterseite ist mit Retroreflektoren bestückt, die einen Teil der Laserstrahlung zur Laserquelle 10 zurück reflektieren.

[0051] Zum Halten des Flugkörpers 14 im Laserstrahl 8 bestehen mehrere Möglichkeiten. Beispielsweise kann die Position des Laserstrahls 8 im Raum bzw. dessen Ende auf dem Fahrzeug 2 durch Sensoren 18 des Sen-

sorsystems 16 ermittelt werden. Entsprechende Steuerungssignale werden von der Steuereinheit 20 an eine Steuereinheit 24 des Flugkörpers 14 gegeben.

[0052] Eine Alternative oder zusätzliche Möglichkeit besteht darin, dass der Flugkörper 14 die Abschattung selbst bestimmt und hieraus seinen Flug steuert. So weist der Flugkörper 14 einen nach oben gerichteten lasersensitiven Sensor 26 auf, der das Luftfahrzeug 2 von unten überwacht. Ein Auftreffen des Laserstrahls 8 auf dem Luftfahrzeug 2 wird erkannt, und der Flugkörper 14 wird so gesteuert, dass der Bestrahlungsfleck des Laserstrahls 8 auf dem Luftfahrzeug 2 verschwindet. Hierzu wird der Flug so geregelt, dass die Regelgröße, nämlich die Sichtbarkeit des Laserflecks auf dem Luftfahrzeug 2, verschwindet oder zumindest verringert wird. Wenn andererseits der Laserstrahl 8 vom Luftfahrzeug weg bewegt wird, verschwindet der Laserfleck ebenfalls. In diesem Fall begleitet der Flugkörper 14 das Luftfahrzeug noch eine vorgegebene Strecke bzw. Zeitdauer weiter, um einen Schutz gegen den potentiell wieder gefährlichen Laserstrahl 8 aufrechtzuhalten.

[0053] Gerade bei einem Flugkörper 14 mit einem Raketenmotor kann es sein, dass der Festbrennstoff des Raketenmotors nach einer Weile verbraucht ist. In diesem Falle kann ein zweiter Flugkörper 14 gestartet werden, der das Fahrzeug 2 weiter abschattet. Auch wenn in FIG 1 nur ein Flugkörper 14 im Fahrzeug 2 gezeigt ist, so können doch mehrere vorhanden sein und nacheinander gestartet werden.

[0054] Eine zusätzliche oder alternative Methode zum Abschatten des Fahrzeugs 2 durch einen Flugkörper 12 ist anhand der Zeichnung aus FIG 3 dargestellt. Bei einem wie oben beschriebenen Bedrohungsszenario wird ein Flugkörper 12 in Form einer Lenkrakete gestartet. Alternativ kann der Flugkörper 2 als Lenkgeschoss ausgeführt sein, das ohne eigenen Antrieb ausgeführt ist, jedoch lenkbar ist und zum Zwecke eines langen Flugs segelfähig ist. Dieser Flugkörper 12 wird aus dem Kanister 22 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 22 auf die Laserquelle 10 und/oder nach vorne und unten bereits ausgerichtet startet, können Umwege vermieden werden und der Flugkörper 12 kann schnell in eine günstige Abschattungsposition gebracht werden. Dies ist besonders vorteilhaft bei Verwendung eines lenkbaren Geschosses, das ebenfalls mit einer Steuereinheit zur Steuerung des gelenkten Flugs und einem Lenksystem zur Durchführung der Lenkung aufweist.

[0055] Die im Folgenden beschriebenen Verfahren können mit dem Lenkflugkörper 12 und/oder mit dem Lenkflugkörper 14 durchgeführt werden. Zum Steuern des Lenkflugkörpers 12 und/oder des Lenkflugkörpers 14 aus FIG 2 wird von der Steuereinheit 20 zunächst ein Abschattungskorridor 28 bestimmt. Dieser Abschattungskorridor 28 reicht von der Laserquelle 10 bis zum Fahrzeug 2 und ist in seiner Geometrie so ausgeführt,

dass er sämtliche gedachte Linien von der Laserquelle 10 zu allen Punkten des Fahrzeugs 2 umfasst. Linien von der Laserquelle 10 zu Raumpunkten, die um mehr als einen vorgegebenen Abstand vom Fahrzeug 2 entfernt sind, liegen jedoch nicht innerhalb des Abschattungskorridors 28. Diese Entfernung dient zum Ausgleich von Rechenungenauigkeiten und liegt zweckmäßigerweise unter 50 m, insbesondere unter 10 m. Der Abschattungskorridor 28 wird von der Steuereinheit 20 aus den Positionen der Laserquelle 10 und des Fahrzeugs 2 sowie den Abmessungen, der Ausrichtung und/oder der Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit des Fahrzeugs 2 im Raum berechnet. Die Position des Abschattungskorridors 28, insbesondere seine Geometrie und Lage im Raum, kann in absoluten, erd festen Koordinaten oder in Relativkoordinaten bestimmt sein, die sich auf einen mit dem Fahrzeug 2 mitbewegten Bezugsraum beziehen.

[0056] Weiter sind in der Steuereinheit 20 mehrere lasersensitive Stellen 30, 32 des Fahrzeugs 2 hinterlegt, die in FIG 4 anhand eines vorderen punktierten Bereichs 30 und eines hinteren gestrichelten Bereichs 32 dargestellt sind. Diese lasersensitiven Stellen 30, 32 umfassen solche Bereiche am Fahrzeug, deren Bestrahlung durch einen Hochenergielaser innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums vom beispielsweise weniger als 10 Sekunden zu einem Schaden am Fahrzeug 2 führen, der dessen Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Auch zu diesen lasersensitiven Stellen 30, 32 werden Abschattungskorridor 34, 36 berechnet, die in FIG 3 punktiert beziehungsweise gestrichelt angedeutet sind. Entsprechend dem Abschattungskorridor 28 umfassen die Abschattungskorridor 34, 36 ausschließlich alle gedachten Linien von der Laserquelle 10 zu allen möglichen Punkten der lasersensitiven Stellen 30, 32.

[0057] Bei dem in FIG 3 gezeigten Ausführungsbeispiel wurde der Lenkflugkörper 12 nach vorne und schräg nach unten abgeschossen, sodass sein Abstand zur Laserquelle 10 durch den Flug verringert wird und sein Abstand zum Fahrzeug 12 zugleich vergrößert wird. Der Flug des Lenkflugkörpers 12 wird hierbei von der Steuereinheit 20 des Luftfahrzeugs 2 gesteuert, wobei die Steuereinheit 20 über eine Funkverbindung mit der Steuereinheit des Flugkörpers 12 in Verbindung steht. Der Flug des Flugkörpers 12 wird so gesteuert, dass der Flugkörper 12 stets innerhalb des Abschattungskorridors 28 bzw. 34, 36 verbleibt. Verlässt der Laserstrahl 8 den Abschattungskorridor 28, trifft er also nicht mehr auf das Fahrzeug 2, so verbleibt der Flugkörper 12 dennoch innerhalb des Abschattungskorridors 28, um bei einem erneuten Einschwenken des Laserstrahls 8 auf das Fahrzeugs 2 das Fahrzeug 2 möglichst schnell abschatten zu können. Insbesondere verbleibt der Lenkflugkörper 12 innerhalb eines der speziellen Abschattungskorridore 34, 36 zum Schutz einer lasersensitiven Stelle 30, 32 des Fahrzeugs 2. Verlässt der Laserstrahl 8 einen der Abschattungskorridore 34, 36, verbleibt jedoch im Abschattungskorridor 28, trifft also an einer nicht lasersen-

sitiven Stelle auf das Fahrzeug 2, so verbleibt der Lenkflugkörper 12 dennoch innerhalb eines der Abschattungskorridore 34, 36, um die betreffende lasersensitive Stelle 30, beziehungsweise 32 zügig schützen zu können, wenn der Laserstrahl 8 auf diese einschwenkt.

[0058] Anhand der Darstellung aus FIG 4 werden in folgenden Verteidigungsstrategien des Fahrzeugs 2 beschrieben. Der Laserstrahl 8 sei auf das Fahrzeug 2 gerichtet und bilde einen Leuchtfleck 38 an einer lasersensitiven Stelle 32. Der Lenkflugkörper 12 oder der Lenkflugkörper 14, auf den sich die Verfahrensbeschreibungen ebenso beziehen, wird so gelenkt, dass er die lasersensitive Stelle 32 zumindest teilweise abschattet. Bei der in FIG 4 gezeigten Stellung schattet der Flugkörper 12, 14 den Leuchtfleck 38 teilweise ab. Zur Vergrößerung seiner Abschattungsfläche wurden nach dem Start des Flugkörpers 12, 14 zwei Abschattungselemente 40 in Form von Abschattungsegeln ausgefahren, die die Abschattungsfläche des Flugkörpers 12, 14 mehr als verdoppeln. Die Abschattungselemente 40 sind mit einer retroreflektierenden Schicht beschichtet, die in FIG 4 durch eine Schraffur der Abschattungselemente 40 angedeutet ist. Fällt der Laserstrahl 8 auf diese Schicht, so wird der teilweise zur Laserquelle 10 zurückreflektiert und beschädigt dort dessen Optik oder andere Elemente, sodass die Funktionsfähigkeit der Laserquelle 10 beeinträchtigt wird.

[0059] Der Flug des Lenkflugkörpers 12, 14 wird nun so gesteuert, beispielsweise von der Steuereinheit 20 oder der Steuereinheit 24 des Lenkflugkörpers 12, 14, dass der Lenkflugkörper 12, 14 den Leuchtfleck 38 vollständig abschattet. Hierzu wird die Leuchtintensität des Leuchtfleck 38 gemessen, entweder durch den Sensor 26 des Flugkörpers 12, 14 oder durch einen der Sensoren 18 des Luftfahrzeugs 2. Die Leuchtintensität kann als Regelgröße zur Regelung der Lenkung des Flugkörpers 12, 14 verwendet werden, wobei das Regelziel das Verschwinden der Leuchtstärke ist. Mit dem Flugkörper 14 kann dies sehr einfach erreicht werden, da dessen Sensor 26 bei einem Loiterflug die Leuchtstärke des Leuchtflecks 38 problemlos erkennen und messen kann. Ist der Flugkörper 12 als segelfähiges Geschoss ausgeführt, so entfernt er sich relativ schnell vom Fahrzeug 12. Durch die große Distanz ist die Messung der Leuchtstärke des Leuchtflecks 38 zwar immer noch möglich, jedoch schwieriger. Die Messung wird daher zweckmäßigerweise von einem der Sensoren 18 durchgeführt. Diese sind so platziert, dass sie zumindest alle lasersensitiven Stellen 30, 32 abtasten können.

[0060] Verändert sich die Position des Leuchtflecks 38 am Fahrzeug, wandert er beispielsweise in einen nicht lasersensitiven Bereich, wie in FIG 4 durch den Leuchtfleck 42 angedeutet ist, so verbleibt der Flugkörper 12, 14 so, im Abschattungskorridor 34, 36, sodass er eine lasersensitive Stelle 30, 32 abschattet. Auf eine Abschattung der anderen Bereiche des Fahrzeugs 2 wird verzichtet. Wird der Laserstrahl 8 jedoch an eine andere lasersensitive Stelle 30 geführt, wie in FIG 4 durch den

Leuchtfleck 44 angedeutet ist, so wird der Flugkörper 12, 14 in eine Abschattungsposition der entsprechenden lasersensitiven Stelle 30 gelenkt. Dies muss jedoch nicht sofort erfolgen, sondern kann nach einer Wartezeitdauer geschehen, die von der Laserhärte des Bereichs 30 beziehungsweise der dort deponierten Energiemenge abhängig ist. Auf diese Weise wird verhindert, dass der Leuchtfleck 38, 44 schnell zwischen den lasersensitiven Stellen 30, 32 hin und her springt und der Flugkörper 12, 14 durch ständiges Nachverfolgen seine Abschattungswirkung stark verringert. Nach einer vorbestimmten Zeitdauer, beziehungsweise Warteperiode steuert der Lenkflugkörper 12, 14 den neu beleuchteten lasersensitiven Bereich 30 an und schattet diesen gegen den Laserstrahl 8 ab. Springt der Laserstrahl 8 zu einem anderen lasersensitiven Bereich 32, so verbleibt der Flugkörper 12, 14 so, dass er die zuvor bestrahlte lasersensitive Stelle 30 so lange abschattet, bis diese einen unkritischen Zustand erreicht, beispielsweise lange genug abgekühlt ist. Erst danach wird der Flugkörper 12, 14 zu Abschattung einer anderen lasersensitiven Stelle 32 gelenkt.

[0061] FIG 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Abschattung zweier Leuchtflecke 38, 44 durch das Ausstoßen von gasförmigem Abschattungsmittel 46 verstärkt wird. Hierzu umfasst der Flugkörper 12, 14 einen Raucherzeuger oder einen Flitterauswerfer, der Flitterelemente, beispielsweise Folienstückchen, auswirft. Das Abschattungsmittel 46 hat den Zweck der Abschattung und kann auch den Zweck der Retroreflektion erfüllen, insbesondere bei Verwendung von Flitterelementen. Bei dem in FIG 5 dargestellten Ausführungsbeispiel sei beispielsweise die bestrahlungskritische Zeit der lasersensitiven Stellen 30, 32 so klein, dass eine wechselnde Beleuchtung dieser Stellen 30, 32 durch den Laserstrahl 8 zu einer kritischen Zerstörung zumindest einer dieser Stellen 30, 32 führt.

[0062] Nun schützt der Flugkörper 12, 14 die Stellen 30, 32 gemäß einer hinterlegten Priorität. Diese Priorität kann die Wichtigkeit von an den Stellen 30, 32 befindlichen Elementen des Luftfahrzeugs 2 sein. Es ist jedoch auch möglich, dass der Flugkörper 12, 14 mit höherer Priorität den vorderen lasersensitiven Bereich 30 schützt und Versucht, den hinteren Bereich 32 unter Zuhilfenahme des Abschattungsmittel 46 zumindest teilweise zu schützen, beziehungsweise abzuschatten. Bei der in FIG 5 gezeigten Darstellung liegt der hintere Leuchtfleck 38 genau vor dem vorderen Leuchtfleck 44, sodass die beiden Stellen 30, 32 ausreichend abgeschattet werden können. Diese Anordnung der Leuchtflecke 38, 44 ist jedoch eher nicht der Regelfall. Liegt der Leuchtfleck 38 schräg hinter dem Leuchtfleck 44, so ist die Konstellation aus FIG 5 nicht erreichbar.

[0063] Allerdings ist es Ausstoßen von Abschattungsmittel 46 dennoch sinnvoll, da der Wechsel der Abschattungsposition des Flugkörpers 12, 14 von einer Stelle 30 zu anderen Stelle 32 eine Weile dauert. Beispielsweise kann der Flugkörper 32 nach Beendigung der Abschattung der vorderen lasersensitiven Stelle 30 zur Seite ge-

steuert werden, bis er genau vor dem Leuchtfleck 38 auf der hinteren lasersensitiven Stelle 32 fliegt. Der Ausstoß des Abschattungsmittels 46 kann begonnen werden und so lange andauern, bis der Flugkörper 12, 14 durch Abbremsen seiner Fluggeschwindigkeit die lasersensitive Stelle 32 erreicht und den Leuchtfleck 38 unmittelbar abschattet.

[0064] Zur Beschleunigung dieses Bremsvorgangs ist der Flugkörper 12, 14 mit einer Bremsklappe 48 ausgestattet, die in FIG 5 nur durch einen Querstrich angedeutet ist. Die Bremsklappe 48 kann auch in äquivalenter Weise durch einen Bremsfallschirm oder ein anderes ausfahrbares beziehungsweise abwerfbares Element realisiert werden.

[0065] In einem weiteren Verfahren werden mehrere Flugkörper 12 vom Fahrzeug 2 gestartet. Dies ist in FIG 3 durch die mehreren vorhandenen Flugkörper 12 in Kanister 22 angedeutet. Die Flugkörper 12 werden uns so gesteuert, dass mehrere oder alle lasersensitiven Stellen 30, 32 des Fahrzeugs 2 abgeschattet werden, insbesondere unabhängig von der Position des Leuchtflecks 38, 42, 44.

Bezugszeichenliste

[0066]

2	Fahrzeug
4	Landschaft
6	Lasersystem
8	Laserstrahl
10	Laserquelle
12	Flugkörper
14	Flugkörper
16	Sensorsystem
18	Sensor
20	Steuereinheit
22	Kanister
24	Steuereinheit
26	Sensor
28	Abschattungskorridor
30	lasersensitive Stelle
32	lasersensitive Stelle
34	Abschattungskorridor
36	Abschattungskorridor
38	Leuchtfleck
40	Abschattungselement
42	Leuchtfleck
44	Leuchtfleck
46	Abschattungsmittel
48	Bremsklappe

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen Laserstrahl (8), bei dem ein Sensorsystem (14) Laserstrahlung des Laser-

strahls (8) detektiert, und ein Lenkflugkörper (12, 14) in den Laserstrahl (8) hinein fliegt und das Fahrzeug (2) hierdurch abschattet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12, 14) vom Fahrzeug (2) aus gestartet und der Flug des Lenkflugkörpers (12, 14) vom Fahrzeug (2) aus gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lenkflugkörper (12) vom Fahrzeug aus nach vorne abgeschossen wird und in Richtung zu einer Laserquelle (10) des Laserstrahls (8) segelt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl die Positionen des Fahrzeugs (2), als auch des Lenkflugkörpers (12, 14) und einer Laserquelle (10) des Laserstrahls (8) ermittelt wird und der Lenkflugkörper (12, 14) zwischen der Laserquelle (10) und dem Fahrzeug (2) im Laserstrahl (8) gehalten wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position einer Leuchtstelle (38, 42, 44), an der der Laserstrahl (8) das Fahrzeug (2) trifft, bestimmt wird und der Lenkflugkörper (12, 14) in Abhängigkeit von der Position der Leuchtstelle (38, 42, 44) gesteuert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12, 14) einen auf das Fahrzeug (2) ausgerichteten Sensor (26) aufweist, der eine Leuchtstelle (38, 42, 44), an der der Laserstrahl (8) das Fahrzeug (2) trifft, sensiert.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (26) auf einer der Laserquelle (10) abgewandten Seite des Lenkflugkörpers (12, 14) angeordnet ist und nach oben ausgerichtet ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Flug des Lenkflugkörpers (12, 14) so gesteuert wird, dass der Lenkflugkörper (12, 14) seinen Schatten auf mehrere zu schützende Stellen (30, 32) des Fahrzeugs (2) so wirft, dass keine der Stellen (30, 32) länger als eine jeweils vorgegebene Zeitdauer vom Laserstrahl (8) beleuchtet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Flug des Lenkflugkörpers (12, 14) so gesteuert wird, dass ein Flugkörperschatten von der momentan beschatteten Stelle zur momentan bestrahlten Stelle wechselt in Abhängigkeit von einer Abkühldauer der momentanen beschatteten Stelle, einer Beschädigungszeit der momentan bestrahlten Stelle und einer Wechseldauer, die das Bewegen des Schattens zwischen den Stellen dauert. 5 10
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 15
dass der Lenkflugkörper (12, 14) ein Abschattungsmittel (46) ausstößt.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, 20
dass das Abschattungsmittel (46) in Abhängigkeit von der Position einer Leuchtstelle (38, 42, 44) auf dem Fahrzeug (2) und der Position des Lenkflugkörpers (12, 14) ausgestoßen wird. 25
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lenkflugkörper (12, 14) eine Bremsklappe (48) zum Verringern seiner Fluggeschwindigkeit aufweist. 30
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 35
dass der Lenkflugkörper (12, 14) nach seinen Start ein Abschattungselement (40) ausfährt und hierdurch seine Schattenfläche auf zumindest das 1,5-fache vergrößert. 40
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lenkflugkörper (12, 14) einen Retroreflektor aufweist. 45
15. Lenkflugkörper (12, 14) zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen Laserstrahl (8), der einen Sensor (26) zur Sensierung von Laserstrahlung des Laserstrahls (8) und eine Steuereinheit (24) aufweist, die dazu vorbereitet ist, den Lenkflugkörper (12, 14) in den Laserstrahl (8) hinein zu fliegen, das Fahrzeug (2) vor dem Laserstrahl (8) abzuschatten und den Schatten des Lenkflugkörpers (12, 14) auf dem Fahrzeug (2) zu halten. 50 55

FIG 1

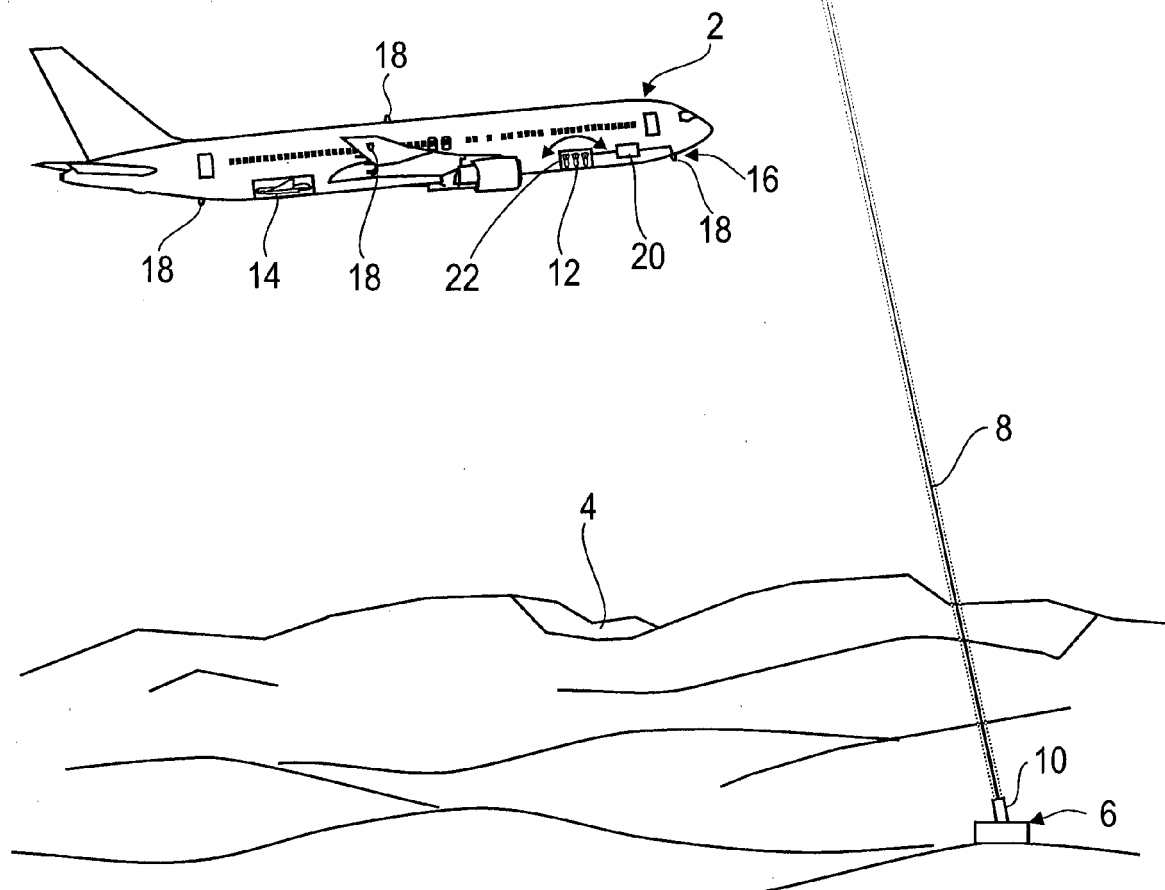


FIG 2

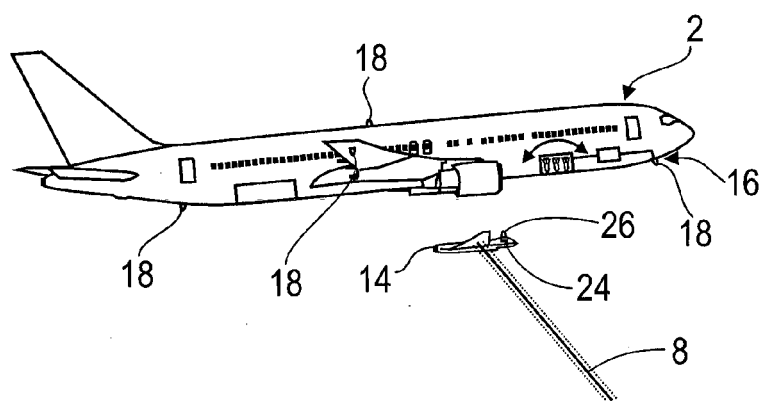


FIG 3

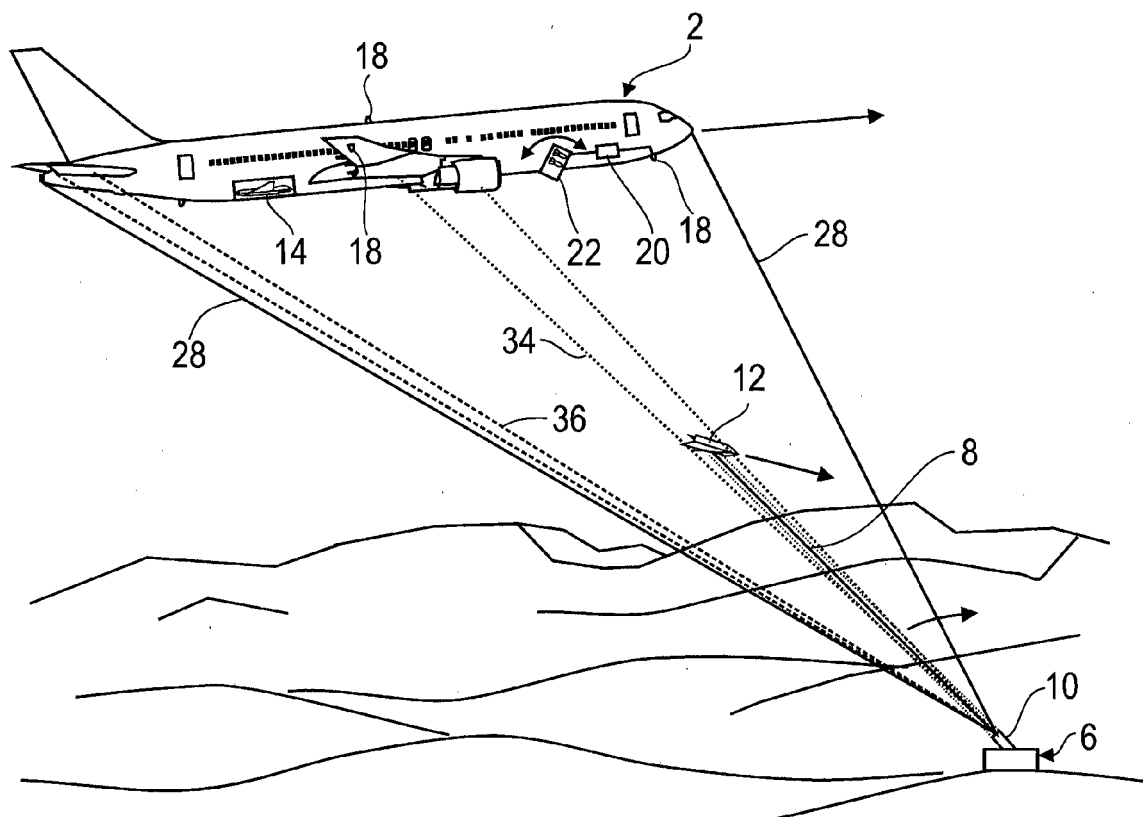


FIG 4

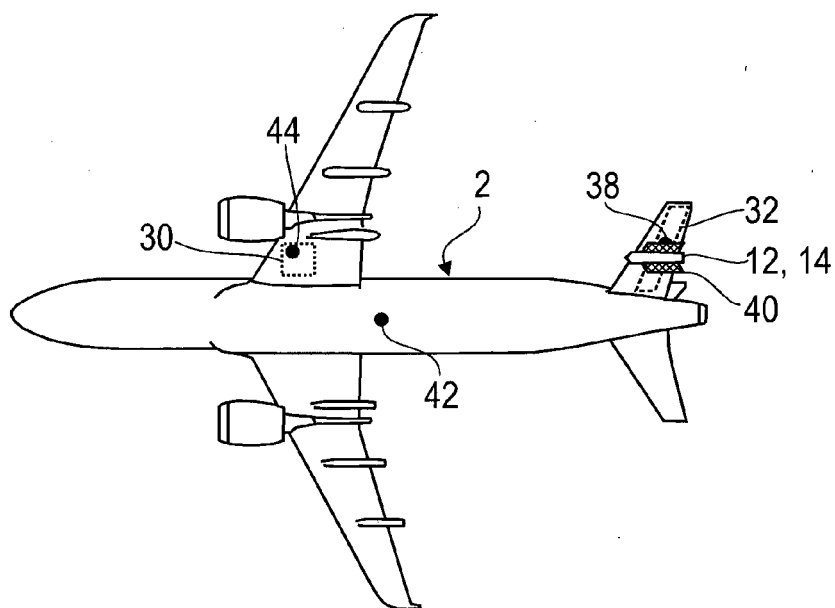
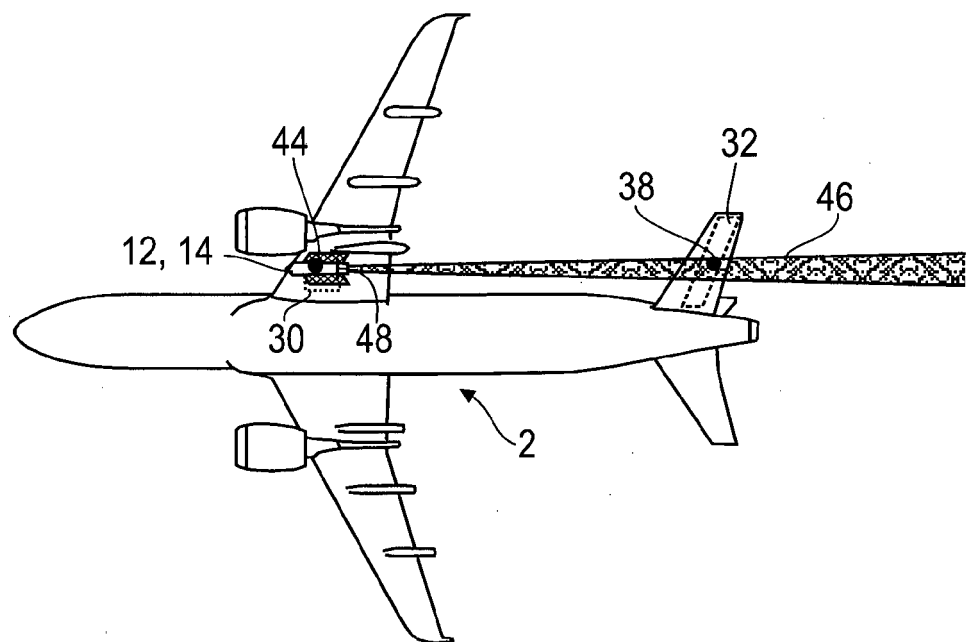


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 00 1537

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 * -----	1-15	INV. F41H11/00 F41H13/00 F41G7/26 F42B15/01
A	EP 2 752 681 A1 (BOEING CO [US]) 9. Juli 2014 (2014-07-09) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 * * Absatz [0016] - Absatz [0017] * * Absatz [0022] * -----	1-15	
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 * * Spalte 3, Zeile 67 - Spalte 4, Zeile 12 * -----	15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F41H F41G F41J F42B
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 03.92 (P04C03)

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

EP 16 00 1537

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						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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