

(19)



(11)

**EP 3 118 566 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.09.2018 Patentblatt 2018/38**

(51) Int Cl.:  
**F41H 11/00** (2006.01)      **F41H 13/00** (2006.01)  
**F42B 15/01** (2006.01)      **F41G 7/26** (2006.01)  
**F41G 7/30** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16001539.2**

(22) Anmeldetag: **12.07.2016**

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

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

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

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

(30) Priorität: **17.07.2015 DE 102015009365**

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

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

(72) Erfinder:  

- **Nolte, Arne**  
**88696 Owingen (DE)**
- **Masur, Michael**  
**88662 Überlingen (DE)**

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

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 752 681**      **WO-A1-02/14777**  
**WO-A1-2010/029499**      **US-A1- 2015 060 652**

**EP 3 118 566 B1**

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

## Beschreibung

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

**[0002]** 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]** Zum Schutz von Objekten und zur Warnung vor Laserstrahlung sind aus dem Stand der Technik diverse Verfahren und Systeme bekannt. Die WO 02/14777 A1 beschreibt ein Verfahren zum Schützen eines Objekts vor einer Lasereinrichtung, bei welchem bei Detektion einer Laserstrahlung der Lasereinrichtung Retroreflektoren vom zu schützenden Objekt oder aus einer Umgebung desselben ausgestossen oder abgefeuert werden, um die Lasereinrichtung zu stören oder gegebenenfalls zu beschädigen. Gemäß der EP 2 752 681 A1 wird zur Warnung eines Piloten eines Luftfahrzeugs vor auftretender Laserstrahlung das Luftfahrzeug mit einem Laserdetektions- und -warnsystem ausgestattet, mit welchem u. a. der Ort einer Laserquelle bestimmbar ist.

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

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst, bei dem die Position der Laserquelle bestimmt wird und ein Lenkflugkörper gestartet und zur Laserquelle gelenkt wird. 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 Flugkörper 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.

**[0006]** Das Verfahren ist besonders geeignet zum Einsatz gegen eine Hochenergielaserquelle beziehungsweise einen Hochenergielaserstrahl. Ebenfalls vorteilhaft ist eine Abwehr eines Störlasers. Hierfür ist ein Sensor eines Sensorsystems des Fahrzeugs und/oder des

Lenkflugkörpers 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  $\pm 100$  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.

**[0007]** Das Fahrzeug ist vorzugsweise ein Luftfahrzeug, wobei die Erfindung auch zum Schützen eines Landfahrzeugs oder eines Wasserfahrzeugs vorteilhaft anwendbar ist. 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 gestartet, insbesondere vom Fahrzeug aus. Wird ein Laserstrahl nicht als solcher erkannt oder als nicht bedrohlich klassifiziert, unterbleibt das Starten des Flugkörpers zweckmäßigerweise.

**[0008]** 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.

**[0009]** Die Position der Laserquelle kann auf verschiedene Weisen bestimmt werden. In einer ersten Möglichkeit nimmt ein Sensor des Sensorsystems des Fahrzeugs und/oder des Flugkörpers ein Bild des Laserstrahls auf. Mittels bildverarbeitender Methoden kann hieraus der Standort der Laserquelle des Laserstrahls ermittelt werden, beispielsweise, weil die Laserquelle aus dem Bild als solche sichtbar ist. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass aus dem Bild eine gerade Linie des Laserstrahls in der Umgebung und ein definiertes Ende des Laserstrahls beziehungsweise der Linie bestimmt wird. 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. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass der Ort der Laserquelle mittels eines nichtoptischen Sensors ermittelt wird, wie eines Radarsensors oder dergleichen.

**[0010]** Die Position der Laserquelle kann vom Fahrzeug aus ermittelt und dem Lenkflugkörper übergeben werden. Der Ort kann alternativ oder zusätzlich vom Lenkflugkörper ermittelt werden. Die Position der Laserquelle kann als absolute, geografische Koordinaten oder relativ zum Fahrzeug und/oder des Lenkflugkörpers bestimmt werden.

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

**[0012]** In einer ersten Möglichkeit bestimmt eine Steuereinheit des Flugkörpers die Position der Laserquelle und steuert diese an. Die Bestimmung kann mittels Bildverarbeitung erfolgen, wie oben beschrieben ist, wobei der Lenkflugkörper die Position eigenständig ermittelt oder die Position vom Fahrzeug ermittelt wird und dem Flugkörper übergeben wird.

**[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 gerichtet 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 Ausführungsform der Erfindung wird eine Entfernung der Laserquelle zum Fahrzeug bestimmt. Hierfür wird zweckmäßigerweise die Richtung des Laserstrahls bestimmt, die eine absolute Richtung, beispielsweise in geografischen Koordinaten, oder eine Relativrichtung zur Ausrichtung oder Flugrichtung des Fahrzeugs sein kann. Die Bestimmung der Entfernung der Laserquelle kann besonders einfach unter Verwendung einer Flughöhe des Fahrzeugs und der Richtung geschehen. Hierfür werden zweckmäßigerweise topografische Daten einer vom Fahrzeug überflogenen Landschaft einbezogen. Alternativ oder zusätzlich kann die Entfernung durch Triangulation mithilfe mehrerer voneinander beabstandeter Sensoren erfolgen. Beispielsweise ist das Fahrzeug mit mehreren Sensoren ausgestattet, die den Laserstrahl und/oder die Laserquelle detektieren. Aus der Ausrichtung der Laserquelle zu einer Bezugsrichtung der jeweiligen Sensoren und der Ausrichtung der Bezugsrichtungen der Sensoren zueinander kann mithilfe von Triangulation der Abstand in einfacher Weise errechnet werden.

**[0017]** 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 verstanden 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.

**[0018]** Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Lage eines Abschattungskorridors zwischen der Laserquelle und dem Fahrzeug bestimmt wird. Die Lage des Abschattungskorridors kann aus dem Ort der Laserquelle und dem Ort des Fahrzeugs berechnet werden. Der Abschattungskorridor kann alle Punkte umfassen, an denen der Lenkflugkörper sein kann, um das Fahrzeug abzuschatten. Das Ende des Abschattungskorridors an der Laser-

quelle bleibt fix im Raum oder wandert mit der Bewegung der Laserquelle mit. Das andere Ende wandert mit dem bewegten Fahrzeug mit. Ist die Lage des Abschattungskorridors bekannt, so kann der Lenkflugkörper in Abhängigkeit von seiner Position zum Abschattungskorridor gesteuert werden. Beispielsweise wird der Lenkflugkörper innerhalb des Abschattungskorridors gehalten, sodass er das Fahrzeug hierbei stets abschattet.

**[0019]** Der Abschattungskorridor kann von der Laserquelle bis zum Fahrzeug reichen und in seiner Geometrie so ausgeführt sein, dass er sämtliche gedachte Linien von der Laserquelle zu allen Punkten des Fahrzeugs umfasst. Linien von der Laserquelle zu Raumpunkten, die nicht im Fahrzeug liegen oder um mehr als einen vorgegebenen Abstand vom Fahrzeug entfernt sind, liegen nicht innerhalb des Abschattungskorridors.

**[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. Es ist daher vorteilhaft, wenn ein Abschattungsschutz auf ein oder mehrere lasersensible Stellen des Fahrzeugs beschränkt wird. Hierdurch können diese Stellen effektiver geschützt werden. 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

**[0021]** Entsprechend ist es vorteilhaft, wenn der Abschattungskorridor auf einen Raum zwischen einer lasersensiblen Stelle des Fahrzeugs und der Laserquelle beschränkt wird. Als Stelle ist hierbei nicht nur ein geometrischer Punkt 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 Möglichkeit der Verteidigung eines Lasersystems gegen einen anfliegenden Lenkflugkörper besteht darin, dass der Laserstrahl so verschwenkt wird, dass ein Folgen des Lenkflugkörpers den Lenkflugkörper vom Abschattungskorridor weglenkt. Durch ein schnelles Zurückschwenken des Laserstrahls auf das Fahrzeug und die massebedingte Trägheit des Lenkflugkörpers kann das Fahrzeug erneut bestrahlt werden, ohne dass der Lenkflugkörper das Fahrzeug abschatten kann. Um diese Verteidigung möglichst zu vereiteln, wird vorgeschlagen, dass ein Flugraum bestimmt wird, innerhalb dessen sich der Lenkflugkörper bewegt. Der Flugraum wird beispielsweise aus dem Abstand zwischen der Laserquelle und dem Fahrzeug bestimmt. Der Lenkflugkörper wird nun so gesteuert, dass er innerhalb des Flugraums verbleibt.

**[0023]** Der Flugraum kann bei einer kleinen zu schützenden Stelle auf einen sehr dünnen Korridor beschränkt werden, der entsprechend der Bewegung des Fahrzeugs durch den Raum mit wandert. Allerdings kann es durch

Steuerungsungenauigkeiten und durch Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Position der Laserquelle, des Fahrzeugs und/oder des Lenkflugkörpers zu Ungenauigkeiten bei der Steuerung des Lenkflugkörpers kommen. Diese Unsicherheit kann dort am größten sein, wo der Abstand zur Laserquelle und zum Fahrzeug am größten ist, mithin in einem Bereich in der Mitte zwischen Fahrzeug und Laserquelle. Es ist daher vorteilhaft, wenn ein Flugraum des Lenkflugkörpers zwischen der Laserquelle und dem Fahrzeug bestimmt wird, der sowohl zur Laserquelle als auch zum Fahrzeug hin verjüngt ist. Allgemein ist der Flugraum zweckmäßigerweise rotations-symmetrisch und kann beispielsweise die Form eines Football-Eis aufweisen.

**[0024]** Der Flugraum wird zweckmäßigerweise unter Verwendung des Abschattungskorridors bestimmt. Hierbei reicht der Flugraum zweckmäßigerweise über den Abschattungskorridor hinaus, insbesondere in der Weise, dass er in einem mittleren Bereich zwischen Fahrzeug und Laserquelle am weitesten über den Abschattungskorridor hinausreicht. Der Abschattungskorridor kann sich hierbei auf eine Abschattung des gesamten Fahrzeugs oder nur einer oder mehrerer lasersensibler Stellen beschränken. Bei mehreren lasersensiblen Stellen wird ein Raum zwischen den entsprechenden Abschattungskorridoren zweckmäßigerweise als gesamter Abschattungskorridor mit verwendet, sodass ein einziger Abschattungskorridor entsteht. Dieser kann zur Bestimmung des Flugraums verwendet werden.

**[0025]** Um eine unerwünschte Ablenkung des Lenkflugkörpers aus einer Abschattungsposition zu erreichen, verbleibt der Lenkflugkörper zweckmäßigerweise in einem vorbestimmten Flugraum, wenn der Laserstrahl aus einem Abschattungskorridor verschwindet. Das Verschwinden kann hierbei ein Verschwenken des Laserstrahls aus dem Abschattungsraum oder Flugraum oder ein Abschalten sein. Der Lenkflugkörper folgt einem aus dem Abschattungskorridor verschwenkten Laserstrahl nur teilweise und verbleibt zweckmäßigerweise stets im Flugraum beziehungsweise wird entsprechend gesteuert.

**[0026]** Weiter ist es vorteilhaft, wenn das Fahrzeug die Position des fliegenden Lenkflugkörpers überwacht. Eine Fehlsteuerung des Lenkflugkörpers durch einen Steuerungsfehler oder einen zerstörten Sensor, kann vermieden werden. Die Überwachung ist nicht nur dann zweckmäßig, wenn die Steuerung des Lenkflugkörpers vollständig vom Fahrzeug aus erfolgt. Insbesondere wenn die Flugsteuerung des Lenkflugkörpers durch eine Steuereinheit des Lenkflugkörpers selbst erfolgt, kann ein Eingreifen des Fahrzeugs in die Lenkungssteuerung vorteilhaft sein. Verlässt beispielsweise der Lenkflugkörper den Flugraum, sodass eine Abschattung des Fahrzeugs gefährdet ist, kann ein Eingreifen in die Flugsteuerung den Lenkflugkörper in den Flugraum zurückholen, sodass das Fahrzeug zuverlässig abgeschattet werden kann.

**[0027]** Der Lenkflugkörper wird zweckmäßigerweise

unter Verwendung der Position des Fahrzeugs und der Position der Laserquelle in seinem Flug gesteuert. Diese Steuerung kann vom Fahrzeug ausgehen und/oder von einer Steuereinheit des Lenkflugkörpers. Erfolgt die Steuerung ausschließlich vom Lenkflugkörper aus, so sollte dem Lenkflugkörper die Position des Fahrzeugs fortwährend bekannt sein. Die Position kann beispielsweise vom Fahrzeug per Datenlink kontinuierlich oder periodisch dem Lenkflugkörper übergeben werden. Ebenfalls ist es möglich, dass die Position des Fahrzeugs aus einer Inertialposition, beispielsweise einer Position des Fahrzeugs beim Start des Lenkflugkörpers, abgeleitet wird, zweckmäßigerweise unter Verwendung der Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit des Fahrzeugs. Ist die Position der Laserquelle bekannt, so kann ein Abschattungskorridor beziehungsweise Flugraum vom Lenkflugkörper berechnet und zur Steuerung verwendet werden.

**[0028]** Zur Steuerung des Lenkflugkörpers ist entsprechend der Erfindung vorgesehen, dass der Lenkflugkörper den Laserstrahl detektiert und seinen Flugkurs in Abhängigkeit von seiner Position zum Laserstrahl steuert. Der Lenkflugkörper verwendet den Laserstrahl als Leitstrahl und fliegt auf diese Weise geleitet zur Laserquelle hin. Diese Flugsteuerung wird zweckmäßigerweise kombiniert mit der Flugsteuerung unter Verwendung eines Abschattungskorridors und/oder Flugraums. Auf diese Weise kann insbesondere eine Grobnavigation anhand von Abschattungskorridor beziehungsweise Flugraum erfolgen und eine Feinnavigation anhand des Laserstrahls selbst durchgeführt werden.

**[0029]** Zur Detektion des Laserstrahls und der Steuerung des Flugkurses in Abhängigkeit von der Position zum Laserstrahl umfasst der Lenkflugkörper zweckmäßigerweise einen oder mehrere Sensoren, die insbesondere auf Streustrahlung der Laserstrahlung in der Luft sensitiv sind.

**[0030]** Bei einem schnellen Verschwenken oder Ausschalten des Laserstrahls verschwindet der Laserstrahl aus einer Sensorik des Lenkflugkörpers und/oder des Fahrzeugs. Um einen Anflug des Lenkflugkörpers auf die Laserquelle zuverlässig fortsetzen zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper bei verschwundenem Laserstrahl mittels Inertialnavigation auf den Laserstrahl zufliegt. Das Verschwinden kann hierbei dadurch gekennzeichnet sein, dass der Laserstrahl von einem oder mehreren Sensoren des Lenkflugkörpers nicht mehr oder nicht mehr ausreichend detektiert wird.

**[0031]** Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass der Laserstrahl ein Verschwinden des Laserstrahls erkennt und hierauf einen zuvor vom Laserstrahl abgeschatteten Sensor aktiviert. Die Flugsteuerung wird anschließend zweckmäßigerweise unter Verwendung dieses neu aktivierten Sensors weitergeführt. Der Sensor kann ein Vorwärtssensor sein, der zweckmäßigerweise die Laserquelle, beispielsweise anhand von Wärmestrahlung, als solche erkennt.

**[0032]** Auch bei einem Vorhandensein des Laser-

strahls kann es vorteilhaft sein, wenn der Lenkflugkörper einen zuvor vom Laserstrahl abgeschatteten Vorwärtssensor aktiviert, um eine Flugsteuerung sehr präzise ausführen zu können. Dies ist insbesondere vorteilhaft beim Endgame des Flugs, also innerhalb des letzten Abschnitts des Flugs des Lenkflugkörpers von dem Fahrzeug zur Laserquelle. Eine Aktivierung eines Vorwärtssensors, der in der Regel sehr sensibel für Laserstrahlung beziehungsweise Wärmestrahlung ist, sollte jedoch nur erfolgen, wenn die Gefahr einer direkten Bestrahlung durch den Laserstrahl gering ist. Es ist daher vorteilhaft, wenn der Lenkflugkörper eine Gefährlichkeit des Laserstrahls erkennt und bei einer Gefahr unter einem Grenzwert einen Vorwärtssensor aktiviert und dessen Daten für einen Flug zur Laserquelle hin verwendet.

**[0033]** Da ein Vorwärtssensor sehr empfindlich gegen Hochenergielaserstrahlung sein kann, liegt dieser vorteilhafterweise unter einer Haube, die beispielsweise zu Beginn des Endgames abgesprengt wird. Ebenfalls möglich und vorteilhaft ist eine bewegliche mechanische Abdeckung des Vorwärtssensors, die öffnet und somit den Blick des Vorwärtssensors nach vorne freigibt.

**[0034]** Um eine Bekämpfung durch den Lenkflugkörper zu stören, kann der Laserstrahl abgeschaltet werden, sodass dieser verschwindet und eine Leitung entlang des Laserstrahls nicht mehr möglich ist. Eine optische Führung des Lenkflugkörpers kann auch in dieser Situation aufrechterhalten werden, wenn der Lenkflugkörper bei abgeschaltetem Laserstrahl eine Wärmequelle der Laserquelle detektiert. Da die Laserquelle kurz nach abschalten des Laserstrahls warm ist, kann die Wärmequelle mit einem Infrarotsensor erkannt werden. Der Lenkflugkörper kann die Wärmequelle zum Ziel nehmen und dieses ansteuern. Um eine Verwechslung mit einem anderen Wärmeziel zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn das Muster der Wärmequelle mit Daten einer Datenbank verglichen wird. In der Datenbank können Infrarotmuster von nachstrahlenden Laserquellen hinterlegt sein. Passt das sensierte Muster mit einem hinterlegten Muster in ausreichendem Umfang überein, so kann die Wärmequelle als Laserquelle klassifiziert werden, sodass die Wärmequelle als Ziel dienen kann.

**[0035]** Die Erfindung ist außerdem gerichtet auf ein System aus einem Fahrzeug und einem Lenkflugkörper, das ein Steuersystem aufweist gemäß den Merkmalen von Patentanspruch 10. Ein effektiver Schutz gegen eine Bestrahlung des Fahrzeugs durch einen Hochenergielaser kann erreicht werden, wenn das Steuersystem dazu vorbereitet ist, die Position der Laserquelle zu bestimmen, den Lenkflugkörper zu starten und diesen zur Laserquelle zu lenken. Das Steuersystem kann im Fahrzeug, im Lenkflugkörper oder in beiden Einheiten gemeinsam vorhanden sein, beispielsweise durch eine Steuereinheit im Fahrzeug und eine Steuereinheit im Lenkflugkörper. Hierbei ist eine Aufgabenaufteilung insofern vorteilhaft, als dass die Bestimmung der Laserquelle zweckmäßigerweise durch eine Steuereinheit im Fahrzeug erfolgt und die Lenkung des Lenkflugkörpers

zur Laserquelle hin durch eine Steuereinheit des Lenkflugkörpers.

**[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 gegenständig formuliert zu sehen und funktionale Vorrichtungsmerkmale auch als entsprechende Verfahrensmerkmale.

**[0037]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich in Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der 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,
- FIG 4 den Lenkflugkörper aus FIG 2 in einem Querschnitt,
- FIG 5 einen Flugraum eines Lenkflugkörpers vom Fahrzeug zu einer Laserquelle und
- FIG 6 einen Lenkflugkörper mit einer abwerfbaren Haube vor einer Vorwärtssensorik.

**[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 ein Hochenergielasersystem, das den Laserstrahl 8 vorwiegend im infraroten Spektralbereich aussendet, beispielsweise bei 3,8  $\mu\text{m}$ , 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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 beherbergt, 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.

**[0043]** Für eine Bekämpfung der Laserquelle 10 ist es vorteilhaft, wenn die Position der Laserquelle 10 bekannt ist. Diese ermittelt die Steuereinheit 18 beispielsweise aus der Geometrie des Laserstrahls 8. So kann an der Stelle des abrupten Endes des Laserstrahls 8 die Laserquelle 10 vermutet werden. Außerdem kann dem Laserstrahl 8 eine Richtung gegeben werden, zumindest eine grobe Richtung oben und unten, wobei die Laserquelle 10 nur an einem unteren Ende des Laserstrahls 8 positioniert ist. Auf diese Weise kann eine Richtung der Laserquelle 10 relativ zum Luftfahrzeug 2 ermittelt werden. Aus der Richtung und einer Flughöhe des Luftfahrzeugs und zweckmäßigerweise einer Topografie der überflogenen Landschaft, kann auch die Entfernung zwischen Luftfahrzeug und Laserquelle 10 bestimmt werden, insbesondere werden die absoluten geografischen Koordinaten der Laserquelle 10 bestimmt. Die Erkennung des Laserstrahls 8 erfolgt insofern durch eine Aufnahme des Laserstrahls 8 von der Seite, wobei aus dem Laserstrahl 8 an der Atmosphäre gestreute Laserstrahlung aufgenommen wird.

**[0044]** Für den Fall, dass der Laserstrahl 8 bereits auf das Luftfahrzeug 2 gerichtet ist und somit das undefinierte obere Ende nicht mehr als solches zu erkennen ist und der Laserstrahl 8 sowohl oben als auch unten ein abruptes Ende aufweist, kann die Ermittlung der Position der Laserquelle 10 durch einen anderen der Sensoren 16 des Sensorsystems 14 vorgenommen werden, beispielsweise durch einen Sensor 16 an einem Flügel des Luftfahrzeugs 2. Dieser erkennt den Laserstrahl 8 an sich und beide abrupte Enden, wobei die Steuereinheit 18 das untere abrupte Ende des Laserstrahls 8 als Standort der Laserquelle 10 auswählt. Ebenfalls möglich ist eine Positionsbestimmung der Laserquelle 10 mittels Triangulation. Sobald drei oder mehr Sensoren 16 den Laserstrahl 8 erkannt und dessen unteres abruptes Ende bestimmt haben, kann neben der Richtung der Laserquelle 10 auch deren Entfernung durch die bekannte Ausrich-

tung der Sensoren 16 am Luftfahrzeug 2 zueinander bestimmt werden.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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 durch einen Raketenmotor 28, insbesondere einen Festbrennstoffmotor, der hinter einem Wirkteil 30 angeordnet ist, der eine Sprengladung und einen Splitterteil aufweist, der bei einem Sprengen der Sprengladung kegelförmig nach vorne geschleudert wird. Die Zündung des Wirkteils 30 kann durch einen Aufschlagzünder oder einen Annäherungszünder erfolgen, der im Flugkörperkopf angeordnet ist.

**[0047]** 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 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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 derart 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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 Verkippung von bis 30° der Flugkörperachse zur Achse des Laserstrahls 8 bleiben die Sensoren 42 - 48 vom Laserstrahl 8 abgeschattet.

**[0053]** 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 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 quan-

titative 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** 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.

**[0056]** Durch Querwind, Lenkfehler, Verschwenkungsbewegungen des Laserstrahls 8 und dergleichen wird die Flugkörperachse während des Flugs immer wieder zur Achse des Laserstrahls 8 verkippen. Eine solche Verkippung ist durch die Beleuchtung der Finnen 54 nicht unmittelbar zu erkennen. Zur Erkennung einer solchen Verkippung 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.

**[0057]** Ist nun der Lenkflugkörper 12 zum Laserstrahl 8 verkippert 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 verkippert ist. Außerdem steigt die Verkippung mit wachsender Intensität des Sensorsignals der betreffenden Sensoren 46 an.

**[0058]** Bei noch weiter steigender Verkippung trifft der Laserstrahl 8 den inneren Bereich 60 der Schräge 58,

wodurch die Sensoren 48 ein entsprechendes Signal ausgeben. Wiederum steigt die Verkippung mit wachsendem Sensorsignal an. Aus den Signalen der Sensoren 46, 48 kann mithin die Richtung der Verkippung und die Stärke der Verkippung der Flugkörperachse zur Ausrichtung des Laserstrahls 8 bestimmt werden. Die Lenkung beziehungsweise die Lenkflügel 22 werden unter Verwendung der Sensorsignale angesteuert und die Verkippung wird hierdurch reduziert, insbesondere bis ein Parallelflug des Lenkflugkörpers 12 zum Laserstrahl 8 erreicht wird.

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

**[0060]** Während des Anflugs wird die einfallende Strahlung in der Wellenlänge des Laserstrahls 8 vom Sensor 42 überwacht. Je näher der Lenkflugkörper 2 an den Laserstrahl 8 heranrückt, desto größer wird die erkannte Strahlungsintensität. Der Lenkflugkörper 12 wird in den Laserstrahl 8 hineingeführt, wobei die Steuerung nun anhand der Signale der ausschließlich in den hinteren Halbraum gerichteten Rückwärtssensorik 44 - 48 ausgeführt wird. Der Lenkflugkörper 12 wird im Laserstrahl 8 gehalten und fliegt parallel zu diesem zur Laserquelle 10 hin. Bleibt der Laserstrahl 8 ruhig und verschwindet zudem nicht, so kann der Lenkflugkörper 12 ausschließlich unter Führung des Laserstrahls 8 zur Laserquelle 10 fliegen.

**[0061]** Der Lenkflugkörper 12 fliegt zur Laserquelle 10 hin unter Verwendung des Laserstrahls 8 als Leitstrahl. Bei einer Annäherung unterhalb einer vorbestimmten Entfernung des Lenkflugkörpers 12 zur Laserquelle 10 löst der Wirkteil 30 des Lenkflugkörpers aus und die Splitterladung wird kegelförmig zur Laserquelle 10 geschleudert und zerstört diese. Ein Anflug des Lenkflugkörpers 12 auf das Lasersystem 6 kann durch dieses erkannt werden, und das Lasersystem 6 kann gegen Maßnahmen einleiten. Eine Gegenmaßnahme kann beinhalten, dass der Laserstrahl 8 verschwenkt wird und der dem Laserstrahl 8 folgende Lenkflugkörper 12 so weit in die Irre gelenkt wird, sodass er das Fahrzeug 2 nicht mehr

abschattet. Um dies zu vermeiden, wird der Lenkflugkörper 12 so gesteuert, dass er während seines Flugs zur Laserquelle 10 hin innerhalb eines Abschattungskorridors 66 bleibt, der in FIG 3 anhand zweier durchgezogener Linien angedeutet ist. Der Abschattungskorridor 66 reicht von der Laserquelle 10 bis zum Fahrzeug 2 und ist in seiner Geometrie so ausgeführt, dass er sämtliche gedachte Linien von der Laserquelle zu allen Punkten des Fahrzeugs 2 umfasst. Linien von der Laserquelle 10 zu Raumpunkten, die um mehr als einem vorgegebenen Abstand seitlich vom Fahrzeug 2 entfernt sind, liegen jedoch nicht innerhalb des Abschattungskorridors, wie in FIG 3 angedeutet ist. Diese Entfernung dient zum Ausgleich von Rechenungenauigkeiten und liegt zweckmäßigerweise unter 50 m, insbesondere unter 10 m. Der Abschattungskorridor 66 wird von der Steuereinheit 18 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 66, insbesondere seine Geometrie und Lage im Raum, kann in absoluten, erdfesten Koordinaten oder in Relativkoordinaten bestimmt sein, die sich auf einen mit dem Fahrzeug 2 mitbewegten Bezugsraum beziehen.

**[0062]** Weiter sind in der Steuereinheit 18 des Fahrzeugs 2 mehrere lasersensitive Stellen 68, 70 hinterlegt, die in FIG 3 angedeutet sind. Diese lasersensitiven Stellen 68, 70 umfassen solche Bereiche am Fahrzeug, deren Bestrahlung durch einen Hochenergielaser innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums von beispielsweise weniger als 10 s zu einem Schaden am Fahrzeug 2 führen, der dessen Funktionsfähigkeit insgesamt beeinträchtigt. Auch zu diesen lasersensitiven Stellen 68, 70 werden Abschattungskorridore 72, 74 berechnet, die in FIG 3 punktiert, beziehungsweise gestrichelt, angedeutet sind. Entsprechend dem Abschattungskorridor 66 umfassen die Abschattungskorridore 72, 74 ausschließlich alle gedachten Linien von der Laserquelle 10 zu allen möglichen Punkten der lasersensitiven Stellen 68, 70.

**[0063]** Der Flug des Flugkörpers 12 wird so gesteuert, dass der Flugkörper 12 stets innerhalb des Abschattungskorridors 66, beziehungsweise 72, 74 verbleibt, je nachdem wie die Flugsteuerung in der Steuereinheit 18 hinterlegt und an die Steuereinheit 26 des Lenkflugkörpers 12 begeben wurde. Verlässt der Laserstrahl 8 den Abschattungskorridor 66, trifft er also nicht mehr auf das Fahrzeug 2, so verbleibt der Flugkörper 12 dennoch innerhalb des Abschattungskorridors 66, um bei einem erneuten Einschwenken des Laserstrahls 8 auf das Fahrzeug 2, dass Fahrzeug 2 möglichst schnell abschatten zu können. Insbesondere verbleibt der Lenkflugkörper 12 innerhalb eines der speziellen Abschattungskorridore 72, 74 zum Schutz der lasersensitiven Stelle 68, 70. Verlässt der Laserstrahl 8 einen der Abschattungskorridore 72, 74, verbleibt jedoch im Abschattungskorridor 66, trifft also an einer nicht lasersensitiven Stelle auf das Fahrzeug 2, so verbleibt der Lenkflugkörper 12 dennoch in-

nerhalb seines Abschattungskorridors 72, beziehungsweise 74, um die betreffende lasersensitive Stelle 68, beziehungsweise 70 zügig schützen zu können, wenn der Laserstrahl 8 erneuert auf diese einschwenkt.

**[0064]** Die Steuerung des Lenkflugkörpers 12 innerhalb der Abschattungskorridore 66, 72, 74 kann durch ein Steuersystem erfolgen, dass sowohl die Steuereinheit 18 im Fahrzeug 2 also auch die Steuereinheit 26 im Lenkflugkörper 12 beinhaltet. Die Steuereinheit 26 übernimmt hierbei die Feinsteuerung und die Steuereinheit 18 die Grobsteuerung. Die Steuerung vom Fahrzeug 2 aus greift hierbei in die Steuerung durch den Lenkflugkörper 12 selbst ein und dient als übergeordnete Steuerung. Hierfür wird die momentane Position des Lenkflugkörpers 12 vom Fahrzeug 2 überwacht. Fliegt der Lenkflugkörper 12 in dem gewünschten Abschattungskorridor 66, 72, 74 innerhalb des Laserstrahls, so greift die Steuereinheit 18 nicht ein und die Flugsteuerung wird ausschließlich vom Lenkflugkörper 12 selbst übernommen. Wird jedoch der Laserstrahl 8 von einer momentan bestrahlten sensitiven Stelle 66 auf eine andere lasersensitive Stelle 70 verschwenkt, so kann die Steuereinheit 18 in die Flugsteuerung eingreifen, um eine Flugkorrektur zu beschleunigen. Der Lenkflugkörper 12 wird auf den neuen zur lasersensitiven Stelle gehörigen Abschattungskorridor 74 eingewiesen und dort hingeflogen. Die Feinsteuerung zum Eintauchen in den Laserstrahl 8 und zum Halten des Lenkflugkörpers 12 kann wiederum durch den Lenkflugkörper 12, beziehungsweise dessen Steuereinheit 26, verrichtet werden.

**[0065]** Verschwenkt der Laserstrahl innerhalb des Abschattungskorridor 66, 72, 74, so wird der Lenkflugkörper 12 diese Verschwenkung folgen, um innerhalb des Laserstrahls 8 zu bleiben und das Fahrzeug abzuschatten. Ist dies nicht gewünscht, weil der Lenkflugkörper 12, beispielsweise in einem Abschattungskorridor 72, 74 bleiben soll, so greift die Steuereinheit 18 korrigierend ein und hält den Lenkflugkörper 12 im gewünschten Abschattungskorridor 72, 74. Das Gleiche gilt für die Situation, in der der Laserstrahl 8 aus dem großen Abschattungskorridor 66 herausgeschwenkt wird. Ein Nachfliegen des Lenkflugkörpers 12 wird durch die Steuereinheit 18 des Fahrzeugs 2 verhindert und der Lenkflugkörper 12 wird innerhalb des gewünschten Abschattungskorridors 66, 72, 74 gehalten.

**[0066]** In einer Alternative oder einer zusätzlichen Möglichkeit bestimmt der Lenkflugkörper 12 einen Abschattungskorridor 66, 72, 74 selbst und steuert auch die Grobnavigation selbst, sodass ein Eingreifen durch das Fahrzeug 2 nicht notwendig ist oder auf Ausnahmen beschränkt werden kann. Hierfür bestimmt der Lenkflugkörper 2 seine eigene Position während seines Flugs zur Laserquelle 10 hin, beispielsweise mithilfe der Innernavigation. Außerdem bestimmt er die Position des Fahrzeugs 2, beispielsweise in dem er die Position des Fahrzeugs 2 aus einer Anfangsposition, beispielsweise einer Position bei einem Start des Lenkflugkörpers 12, und einer Fortschreibung des Flugs anhand der Geschwindig-

keit und Flugrichtung des Fahrzeugs 2 abschätzt. Möglich ist auch, dass er die Position des Fahrzeugs 2 durch einen Datenlink von diesem erhält. Aus den drei Positionen der Laserquelle 10, des Lenkflugkörpers 12 und des Fahrzeugs 2 berechnet der Lenkflugkörper 12 den entsprechenden Abschattungskorridor 66, 72, 74 und hält seinen Flug darin. Erkennt das Fahrzeug 2, dass der Lenkflugkörper 12 fehlerhaft steuert, beispielsweise weil er den abgewiesenen Abschattungskorridor 66, 72, 74 verlässt, so kann die Steuereinheit 18 korrigierend eingreifen und den Lenkflugkörper 12 in die gewünschte Flugbahn zurücklenken.

**[0067]** FIG 5 zeigt eine weitere Möglichkeit der Steuerung des Lenkflugkörpers 12. Dargestellt ist der Laserstrahl 8, der innerhalb des Abschattungskorridors 74 verläuft und mithin die lasersensitive Stelle 70 des Fahrzeugs 2 beleuchtet. Zu einem ersten Zeitpunkt, fliegt der Lenkflugkörper 12 innerhalb des Abschattungskorridors 74 auf die Laserquelle 10 zu. Dies ist anhand der obersten Stellung des Lenkflugkörpers 12 in FIG 5 angedeutet.

**[0068]** In einem nachfolgenden Moment wird der Laserstrahl 8 aus dem Abschattungskorridor 66 herausverschwenkt, wie dies in FIG 5 anhand der engpunktieren Linie angedeutet ist. Hierdurch würde die Lenkflugkörper 12 aus einer Abschattungsposition herausgeführt werden, in der er das Fahrzeug 2 abschatten könnte. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel folgt der Lenkflugkörper 12 dem langsam verschwenkten Laserstrahl 8 und verbleibt innerhalb des Laserstrahls 8, wie in FIG 5 anhand der mittleren Position des Lenkflugkörpers 12 in der engpunktieren Linie angedeutet ist.

**[0069]** Dies wird auch durch die Steuereinheit 18 des Fahrzeugs 2 zugelassen, um von außen kommende Eingriffe in den Flug des Lenkflugkörpers 12, beziehungsweise die Flugsteuerung durch die Steuereinheit 26 des Lenkflugkörpers 12 auf Ausnahmen zu beschränken. Hierfür wird vom Fahrzeug 2 und/oder dem Lenkflugkörper 12 ein Flugraum 76 berechnet, innerhalb dessen der Lenkflugkörper 12 zu verbleiben hat. Dieser Flugraum 76 läuft sowohl zum Fahrzeug 2 als auch zur Laserquelle 10 verjüngend hin, sodass die größte Querschnittsausdehnung etwa in der Mitte zwischen Fahrzeug 2 und Laserquelle 10 liegt, wie in FIG 5 dargestellt ist. Mit diesem Flugraum wird Bestimmungsungenauigkeitenrechnung getragen, die mit der Positionsbestimmung des Lenkflugkörpers 12 verbunden sind. Da wieder der Lenkflugkörper 12 noch das Fahrzeug 2 in der Lage sind, die Position des Lenkflugkörpers 12 genau zu bestimmen, lässt der Flugraum 76 einen Toleranzbereich um den Abschattungskorridor 74 zu, innerhalb dessen die grobe Flugsteuerung von Seiten des Fahrzeugs 2 nicht in die feine Flugsteuerung des Lenkflugkörpers 12 eingreift. Da die Position des Lenkflugkörpers in der Nähe des Fahrzeugs 2 genauer bekannt ist, läuft er verjüngend zum Fahrzeug 2 hin. Da der Lenkflugkörper 12 die Laserquelle 10 treffen muss, verjüngt sich der Flugraum 76 aus zur Laserquelle 10 hin. Bei dem in FIG 5 gezeigten Ausführungsbeispiel fliegt der Lenkflugkörper 12 in seiner in der Mitte gezeig-

ten Position am Rand des Flugraums 76 innerhalb des Laserstrahls 8. Die Flugsteuerung von der Steuereinheit 18 greift daher nicht in den Flug ein und der Flug wird ausschließlich vom Lenkflugkörper selbst durchgeführt.

**[0070]** In einem späteren Moment verschwenkt der Laserstrahl in einer in FIG 5 in weitpunktierten Linie gezeigten Richtung. Der Laserstrahl 8 liegt nun außerhalb des Flugraums 76. Insofern folgt der Lenkflugkörper 12 dem Laserstrahl 8 nicht und verbleibt innerhalb des Flugraums 76. Da der Lenkflugkörper 12 in dieser Situation seine Feinsteuerung innerhalb des Laserstrahls 8 nicht aufrechterhalten kann, wird der Lenkflugkörper 12 anhand einer Grobsteuerung gesteuert, die der Lenkflugkörper 12 selbst oder die Steuereinheit 18 des Fahrzeugs 2 durchführen kann. Hierbei wird der Lenkflugkörper 12 wieder in den berechneten Abschattungskorridor 74 geführt, wie anhand der unteren Position des Lenkflugkörpers 12 in FIG 5 dargestellt ist. Das ist hierbei zur Bestimmung- und damit zur Lenkgenauigkeiten kommen kann, ist nicht weiter kritisch, da der Lenkflugkörper 12 auf jeden Fall innerhalb des Flugraums 76 verbleibt. Verlässt der Lenkflugkörper 12 den Flugraum 76, so greift die Flugsteuerung des Fahrzeugs 2 ein und korrigiert den Flug des Lenkflugkörpers 12. Dies geschieht in analoger Weise wie die Korrektur anhand der Abschattungskorridor 66, 72, 74, wie zu FIG 3 beschrieben.

**[0071]** Eine weitere Verteidigungsmöglichkeit des Lasersystems 6 gegen den anfliegenden Lenkflugkörper 12 besteht darin, dass der Laserstrahl 8 abgeschaltet wird. Der Lenkflugkörper 12 kann zwar nun grob in Richtung zur Laserquelle gesteuert werden, dass Verfehlen dieses Ziels ist jedoch ohne den Laserstrahl 8 nicht unwahrscheinlich. Zum direkten Finden des Ziels, beziehungsweise der Laserquelle 10, insbesondere im Endgame, dient die Vorwärtssensorik in Form des "Vorwärts"-Sensors 32 mit dem bildgebenden Detektor bzw. dem Matrixdetektor 36. Da diese nicht laserfest ist, muss sie während des Flugs im Laserstrahl 8 ausreichend abgeschattet werden. Dies geschieht in einem ersten Ausführungsbeispiel anhand der Abdeckung 40 und in einem zweiten Ausführungsbeispiel, dass in FIG 6 gezeigt ist, anhand einer absprenkbaren Haube 78. Die Haube 78 besteht aus mehreren Teilen, die über mehrere Sollbruchstellen, die in FIG 6 durch eine gezackte Linie angedeutet sind, miteinander verbunden sind. Innerhalb der Haube 78 ist eine kleine Sprengladung, die von der Steuereinheit 26 gezündet wird. Die Haube 78 bricht auseinander und legt in dahinter liegenden Dom 80 frei, der für Infrarotstrahlung durchlässig ist, sodass der Sensor 32 freie Sicht nach vorne hat.

**[0072]** Ist der Laserstrahl 8 abgeschaltet oder verschwendet er aus der Sensorik des Lenkflugkörpers 12, beispielsweise weil er weit förtgeschwenkt ist, wie in FIG 5 durch die weitpunktierte Linie angedeutet ist, so kann die Abdeckung 40 geöffnet werden, beziehungsweise die Haube 78 abgesprengt werden. Um eine solche Situation zu erkennen, ist die Steuereinheit 26 in Verbindung mit der Sensorik des Lenkflugkörpers 12 dazu vor-

bereitet, eine Gefährlichkeit des Laserstrahls 8 zu erkennen. Dies geschieht beispielsweise anhand einer gemessenen Intensität der Laserstrahlung. Liegt die Gefahr unter einem Grenzwert, so kann die Abdeckung 40 geöffnet, beziehungsweise die Haube 78 abgesprengt werden und der Vorwärtssensor 32 kann aktiviert werden.

**[0073]** Hierbei wird beispielsweise der weit fortgeschwenkte Laserstrahl 8 und dessen Ende an der Laserquelle 10 bildhaft erfasst und die Position der Laserquelle 10 im Bild des Vorwärtssensors 32 wird bestimmt. Hieraus kann die Anflugrichtung auf die Laserquelle 10 bestimmt werden, sodass ein Punkt genauer Anflug auf die Laserquelle 10 auch ohne die Leitung durch den Laserstrahl 8, beziehungsweise einen Flug innerhalb des Laserstrahls 8 erfolgen kann. Eine Bilderfassungsdauer von 50 ms reicht hierbei aus, um die Laserquelle zu finden, zu identifizieren und deren Richtung festzustellen.

**[0074]** Verschwindet der Laserstrahl 8 dadurch, dass das Lasersystem 6 die Laserquelle 10 ausschaltet, sucht der Sensor 32 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.

**[0075]** Da ein sehr kleines Zeitfenster von etwa 15 ms ausreicht, um die Laserquelle 10, beziehungsweise die Wärmequelle zu identifizieren, ist es unschädlich, wenn der Laserstrahl 8 nach dieser Zeitdauer wieder auf den anfliegenden Lenkflugkörper 8 strahlt und beispielsweise den Sensor 32 zerstört. Um die Zielanflugsteuerung noch fester zu machen, besteht jedoch die Möglichkeit, dass der Vorwärtssensor 32 durch den Filter 38 und/oder die Abdeckung 40 geschützt wird. Trifft der Laserstrahl 8 die offene Vorwärtssensorik 32, so steigt die eingestrahlte Intensität stark an, und der intensitätsabhängige Filter 38 schließt, beziehungsweise wird undurchsichtig. Der Filter 38 hält jedoch eine Direktbestrahlung durch den Laserstrahl 8 nur wenige Millisekunden aus. Daher wird gleichzeitig die Abdeckung 40 betätigt, die federgezogen ihre beiden Deckel aus der in FIG 2 gestrichelt dargestellten Aufwandposition in die durchgezogene geschlossene Position zieht und damit den Sensor 32 abdeckt. Nun kann der Sensor 44 ein Blinzeln beginnen und ein Öffnen der Abdeckung 40 bei ausreichend lange nicht Bestrahlung des Lenkflugkörpers 12 durch den Laserstrahl 8 freigeben.

**[0076]** 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 speicherten Daten, insbesondere Bildern von bekannten Wärmequellen, verglichen. Hierbei wird die Zeitdauer, die seit dem Abschalten des Laserstrahls 8 vergangen ist, berücksichtigt. Kann das Bild einer Wärmequelle einem hinterlegten Bild einer Laserquelle 10 zugeordnet werden, so wird die Lage der Wärmequelle als neues Ziel aufgenommen und Lenkflugkörper 12 steuert die Wärmequelle zu deren Zerstörung an.

**[0077]** 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.

**[0078]** 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

**[0079]**

2	Fahrzeug
4	Landschaft
6	Lasersystem
8	Laserstrahl
10	Laserquelle
12	Lenkflugkörper
14	Sensorsystem
16	Sensor
18	Steuereinheit
20	Kanister
22	Lenkflügel
24	Aktuator
26	Steuereinheit

28	Raketenmotor
30	Wirkteil
32	Sensor
34	Optik
5	36 Matrixdetektor
38	Filter
40	Abdeckung
42	Sensor
44	Sensor
10	46 Sensor
48	Sensor
50	Vertiefung
52	Gesichtsfeld
54	Finne
15	56 Gesichtsfeld
58	Schräge
60	Bereich
62	Bereich
64	Gesichtsfeld
20	66 Abschattungskorridor
68	lasersensitive Stelle
70	lasersensitive Stelle
72	Abschattungskorridor
74	Abschattungskorridor
25	76 Flugraum
78	Haube
80	Dom

30 **Patentansprüche**

1. Verfahren zum Schützen eines Fahrzeugs (2) vor einem Angriff durch einen von einer Laserquelle (10) ausgehenden Laserstrahl (8), bei dem die Position der Laserquelle (10) bestimmt wird und ein Lenkflugkörper (12) gestartet und zur Laserquelle (10) gelenkt wird  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Lenkflugkörper (12) den Laserstrahl (8) detektiert und seinen Flugkurs in Abhängigkeit von seiner Position zum Laserstrahl (8) steuert.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Entfernung der Laserquelle zum Fahrzeug (2) unter Verwendung der Flughöhe und der Richtung des Laserstrahls (8) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Lenkflugkörper (12) parallel zum Laserstrahl (8) im Laserstrahl (8) fliegt und das Fahrzeug (2) hierdurch vom Laserstrahl (8) abschattet.
- 55 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Lage eines Abschattungskorridors (66, 72,

- 74) zwischen der Laserquelle (10) und dem Fahrzeug (2) bestimmt wird und der Lenkflugkörper (12) in Abhängigkeit von seiner Position zum Abschattungskorridor (66, 72, 74) gesteuert wird, wobei der Abschattungskorridor (72, 74) insbesondere auf einen Raum zwischen einer lasersensiblen Stelle (68, 70) des Fahrzeugs (2) und der Laserquelle (10) beschränkt ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen der Laserquelle (10) und dem Fahrzeug (2) bestimmt und daraus ein Flugraum (76) bestimmt wird und der Lenkflugkörper (12) so gesteuert wird, dass er innerhalb des Flugraums (76) verbleibt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Flugraum (76) des Lenkflugkörpers (12) zwischen der Laserquelle (10) und dem Fahrzeug (2) bestimmt wird, der sich sowohl zur Laserquelle (10) als auch zum Fahrzeug (2) hin verjüngt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) in einem vorbestimmten Flugraum (76) verbleibt wenn der Laserstrahl (8) aus einem Abschattungskorridor (66) verschwindet.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fahrzeug (2) die Position des fliegenden Lenkflugkörpers (12) überwacht, wobei das Fahrzeug (2) insbesondere in eine Flugsteuerung des Lenkflugkörpers (12) eingreift, wenn der Lenkflugkörper (12) den Flugraum (76) verlässt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) unter Verwendung der Position des Fahrzeugs (2) und der Position der Laserquelle (10) seinen Flugkurs steuert, wobei der Lenkflugkörper (12) insbesondere während seines Flugs die Position des Fahrzeugs (2) aus einer Inertialposition und der Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit des Fahrzeugs (2) bestimmt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) bei verschwundenem Laserstrahl (8) mittels Inertialnavigation auf die Laserquelle (10) zufliegt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) ein Verschwinden des Laserstrahls (8) erkennt und hierauf einen zuvor vom Laserstrahl (8) abgeschatteten Sensor (32, 42, 44, 46, 48) aktiviert.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) eine Gefährlichkeit des Laserstrahls (8) erkennt und bei einer Gefahr unter einem Grenzwert einen Vorwärtssensor aktiviert und dessen Daten für einen Flug zur Laserquelle (10) hin verwendet.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) bei abgeschaltetem Laserstrahl (8) eine Wärmequelle der Laserquelle (10) detektiert, das Muster der Wärmequelle mit Daten einer Datenbank vergleicht und die Wärmequelle bei erfolgreichem Vergleich anfliegt.
14. System aus einem Fahrzeug (2) und einem Lenkflugkörper (12), das ein Steuersystem aufweist, das dazu ausgelegt ist, die Position der Laserquelle (10) zu bestimmen, den Lenkflugkörper (12) zu starten und diesen zur Laserquelle (10) zu lenken, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lenkflugkörper (12) dazu ausgelegt ist, den Laserstrahl (8) zu detektieren und seinen Flugkurs in Abhängigkeit von seiner Position zum Laserstrahl (8) zu steuern.

#### Claims

1. Method for protecting a vehicle (2) from an attack by a laser beam (8) emanating from a laser source (10), wherein the position of the laser source (10) is determined and a guided missile (12) is launched and steered towards the laser source (10), **characterized in that** the guided missile (12) detects the laser beam (8) and controls its trajectory depending on its position in relation to the laser beam (8).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** a distance of the laser source from the vehicle (2) is determined using the flight altitude and the direction of the laser beam (8).

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) flies parallel to the laser beam (8) in the laser beam (8) and thereby shadows the vehicle (2) from the laser beam (8).
4. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the position of a shadowing corridor (66, 72, 74) between the laser source (10) and the vehicle (2) is determined and the guided missile (12) is controlled depending on its position in relation to the shadowing corridor (66, 72, 74), wherein the shadowing corridor (72, 74) is restricted, in particular, to a space between a laser-sensitive point (68, 70) of the vehicle (2) and the laser source (10).
5. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the distance between the laser source (10) and the vehicle (2) is determined and a flight space (76) is determined therefrom and the guided missile (12) is controlled in such a way that it remains within the flight space (76).
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** a flight space (76) of the guided missile (12) is determined between the laser source (10) and the vehicle (2), said flight space tapering both towards the laser source (10) and towards the vehicle (2).
7. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) remains in a predetermined flight space (76) when the laser beam (8) disappears from a shadowing corridor (66).
8. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the vehicle (2) monitors the position of the flying guided missile (12), wherein the vehicle (2), in particular, intervenes in a flight control of the guided missile (12) if the guided missile (12) departs from the flight space (76).
9. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) controls its trajectory using the position of the vehicle (2) and the position of the laser source (10), wherein the guided missile (12), in particular during its flight, determines the position of the vehicle (2) from an inertial position and the flight direction and the flight speed of the vehicle (2).
10. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) flies towards the laser source (10) by means of inertial navigation if the laser beam (8) has disappeared.
11. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) identifies a disappearance of the laser beam (8) and, following this, activates a sensor (32, 42, 44, 46, 48) that was previously shadowed from the laser beam (8).
12. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that** the guided missile (12) identifies a danger level of the laser beam (8) and, should a danger lie below a limit value, said guided missile activates a forward sensor and uses the data thereof for a flight towards the laser source (10).
13. Method according to any one of the preceding claims, **characterized**  
**in that**, if the laser beam (8) is deactivated, the guided missile (12) detects a heat source of the laser source (10), compares the pattern of the heat source to data in a database and approaches the heat source in the case of a successful comparison.
14. System made of a vehicle (2) and a guided missile (12), said system comprising a control system configured to determine the position of the laser source (10), launch the guided missile (12) and steer the latter towards the laser source (10), **characterized**  
**in that** the guided missile (12) is designed to detect the laser beam (8) and control its trajectory depending on its position in relation to the laser beam (8).

#### Revendications

1. Procédé de protection d'un véhicule (2) contre une attaque par un faisceau laser (8) provenant d'une source laser (10), dans lequel la position de la source laser (10) est déterminée et un missile guidé (12) est lancé et dirigé vers la source laser (10), **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) détecte le faisceau laser (8) et commande sa trajectoire de vol en fonction de sa position par rapport au faisceau laser (8).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une distance de la source laser au véhicule (2) est déterminée par utilisation de l'altitude de vol et de la direction du faisceau laser (8).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) vole parallèlement au faisceau laser (8) à l'intérieur du faisceau laser (8) et de ce fait, projette une ombre

sur le véhicule (2) vis-à-vis du faisceau laser (8).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la position d'un couloir d'ombre (66, 72, 74) entre la source laser (10) et le véhicule (2) est déterminée et **en ce que** le missile guidé (12) est commandé en fonction de sa position par rapport au couloir d'ombre (66, 72, 74), dans lequel le couloir d'ombre (72, 74) est limité en particulier à un domaine compris entre un point sensible au laser (68, 70) du véhicule (2) et la source laser (10). 5
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la distance entre la source laser (10) et le véhicule (2) est déterminée, **en ce que** un domaine de vol (76) est déterminé à partir de celle-ci et **en ce que** le missile guidé (12) est commandé de manière à rester à l'intérieur de le domaine de vol (76). 10
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** un domaine de vol (76) du missile guidé (12) est déterminé entre la source laser (10) et le véhicule (2), lequel domaine de vol se rétrécit à la fois vers la source laser (10) et vers le véhicule (2). 15
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) reste dans un domaine de vol prédéterminé (76) lorsque le faisceau laser (8) disparaît d'un corridor d'ombre (66). 20
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le véhicule (2) surveille la position du missile guidé (12), dans lequel le véhicule (2) intervient notamment dans la commande de vol du missile guidé (12) lorsque le missile guidé (12) quitte le domaine de vol (76). 25
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) commande sa trajectoire de vol par utilisation de la position du véhicule (2) et de la position de la source laser (10), dans lequel le missile guidé (12) détermine la position du véhicule (2) à partir d'une position inertielle et de la direction et de la vitesse de vol du véhicule (2), en particulier pendant son vol. 30
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) vole vers la source laser (10) par navigation inertielle lorsque le faisceau laser (8) a disparu. 35
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) détecte une disparition du faisceau laser (8) et active un capteur (32, 42, 44, 46, 48) préalablement occulté vis-à-vis du faisceau laser (8). 40

tes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) détecte une disparition du faisceau laser (8) et active un capteur (32, 42, 44, 46, 48) préalablement occulté vis-à-vis du faisceau laser (8).

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) identifie un niveau de risque du faisceau laser (8) et active un capteur orienté vers l'avant lorsque le niveau de risque est inférieur à une valeur limite et utilise ses données pour un vol effectué vers la source laser (10). 45
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) détecte une source de chaleur de la source laser (10) lorsque le faisceau laser (8) est désactivé, compare le motif de la source de chaleur à des données provenant d'une base de données et vole vers la source de chaleur si la comparaison est positive. 50
14. Système constitué d'un véhicule (2) et d'un missile guidé (12) comportant un système de commande conçu pour déterminer la position de la source laser (10), lancer le missile guidé (12) et le diriger vers la source laser (10), **caractérisé en ce que** le missile guidé (12) est conçu pour détecter le faisceau laser (8) et pour commander sa trajectoire de vol en fonction de sa position par rapport au faisceau laser (8). 55

FIG 1

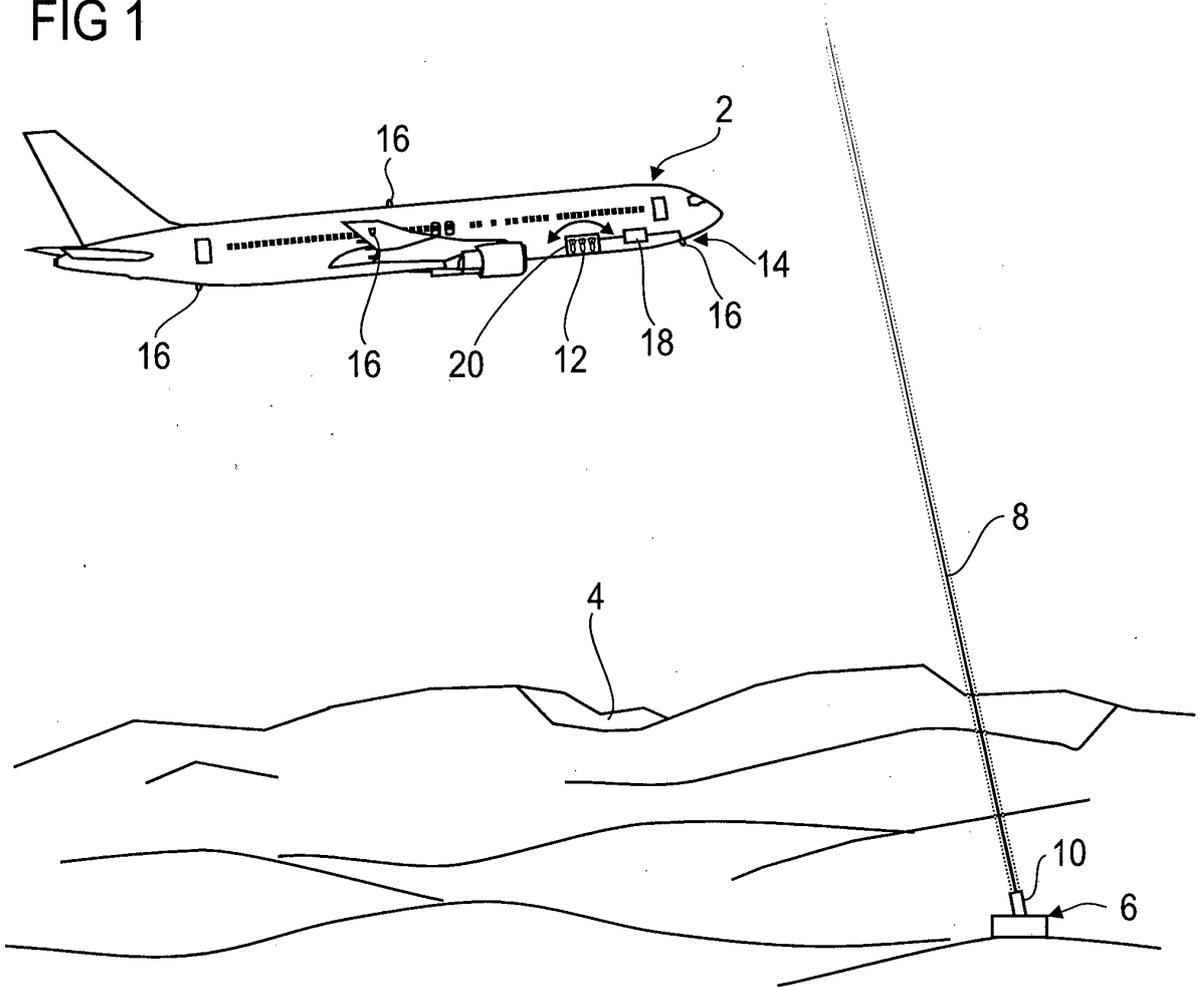


FIG 2

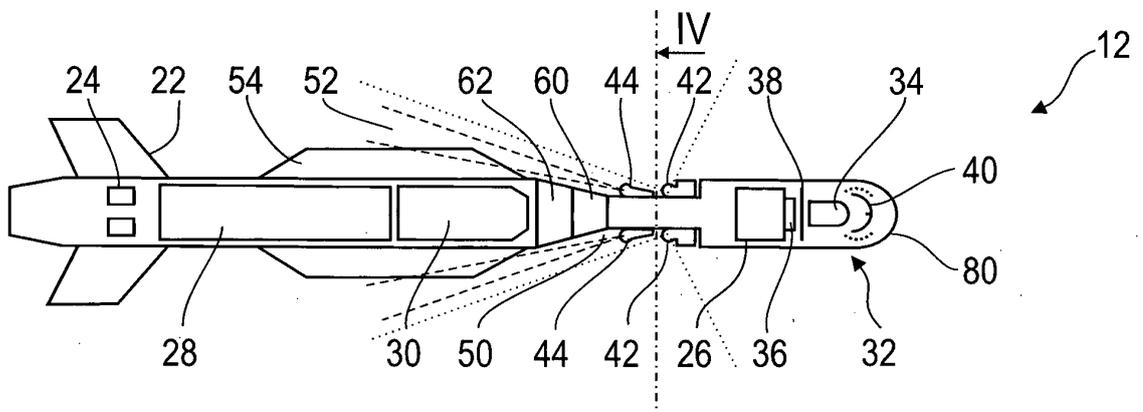




FIG 5

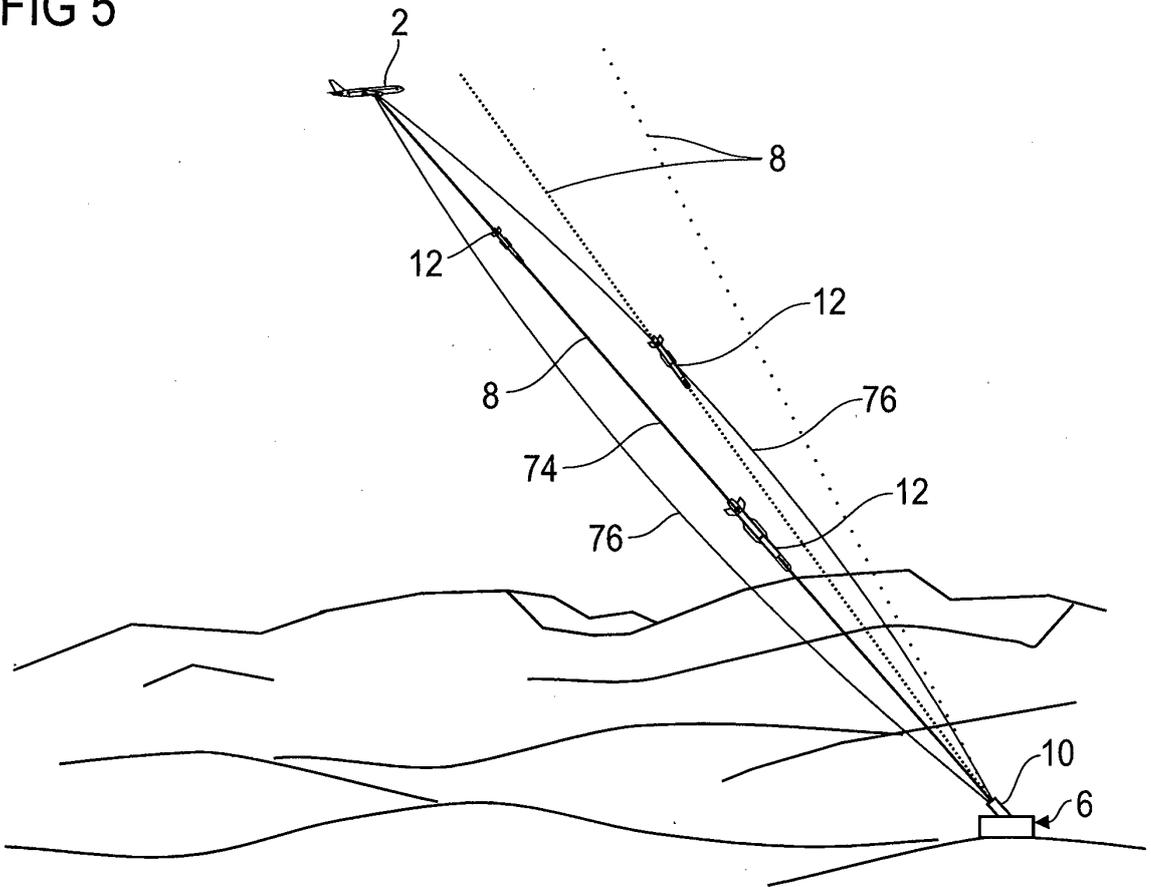
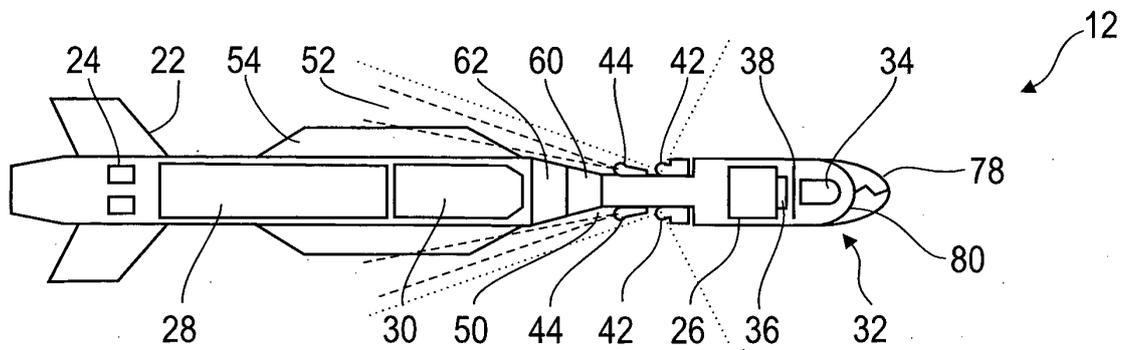


FIG 6



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 0214777 A1 [0003]
- EP 2752681 A1 [0003]