

Radarvorrichtung zur Detektion von unbemannten, langsam und tief fliegenden Flugobjekten

Die Erfindung betrifft eine Radarvorrichtung zur Detektion von unbemannten, langsam und tief fliegenden Flugobjekten, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruches 1.

Im Stand der Technik sind Radarvorrichtungen zur Detektion von Flugobjekten bekannt. In Luft-Nahbereichs-Flugabwehrsystemen werden gattungsbildende Sensoreinheiten als Radarvorrichtungen eingesetzt, wobei die Sensoreinheiten mehrere Radarsensoren, insbesondere einen Suchradar und einen Folgeradar, sowie weitere, elektrooptische Sensoren aufweisen. Die in dem Luft-Nahbereichs-Flugabwehrsystem „Skyshield“ eingesetzte Sensoreinheit weist einen X-Band-Radarsensor auf. Diese Sensoreinheiten sind gut geeignet, Flugobjekte auf Entfernungen von mehreren Kilometern bspw. von bis zu 20 Kilometern zu detektieren und zu verfolgen. Die Flugobjekte können dabei einen kleinen Radarrückstreuquerschnitt aufweisen.

Unbemannte, langsam und tief fliegende Flugobjekte werden auch als LSS-Flugobjekte (low, slow, small, d. h. tief fliegend, langsam fliegend und klein) bezeichnet. Solche LSS-Flugobjekte können ferngesteuerte Schwebplattformen - sogenannte Multicopter - mit mehreren Propellern oder Rotoren sein. Es existieren solche Schwebplattformen mit beispielsweise vier, sechs, acht oder zwölf Propellern. Weitere LSS-Flugobjekte können ferngesteuerte Helikopter sein. LSS-Flugobjekte lassen sich mit geringer Geschwindigkeit bodennah und entlang von Fassaden oder in der Nähe von Bäumen bewegen. Die rotierenden Propeller können bspw. eine ähnliche Radarsignatur haben, wie bewegte Blätter von Bäumen und dergleichen.

Die eingangs genannte Radarvorrichtungen zur Detektion von Flugobjekten sind nicht optimal zur Detektion von LSS-Flugobjekten ausgebildet. LSS-Flugobjekte können sich einem Ziel nähern, indem die Topographie der Umgebung genutzt wird. Insbesondere wenn solche LSS-Flugobjekte in einer Stadt eingesetzt werden, können die LSS-Flugobjekte bei der Annäherung des Ziels entlang einer Flugbahn gelenkt werden, die sich nah zu Fassaden und Bäumen und dergleichen erstreckt. Mit einer herkömmlichen Sensoreinheit, die in Luft- Nahbereichs-Flugabwehrsystemen eingesetzt wird, lassen sich gut Flugobjekte erkennen, die nicht in Bodenstördaten – dem sogenannten Bodenclutter – verborgen sind. Der mittlere Radarrückstreuquerschnitt der LSS-Flugobjekte ist im X-Band (ca. 8 bis 12 GHz) relativ gering. Aufgrund der Ausdehnung der Clutterzelle kann der mittlere Radarrückstreuquerschnitt des städtischen Bodenclutters im X-Band verhältnismäßig groß sein. Die Detektion von LSS-Flugobjekten aufgrund ihrer spektralen

40 Eigenschaften und der Nähe zu Gebäuden und Bäumen ist hierdurch schwierig, da die LSS-Flugobjekte durch den Bodenclutter maskiert sein könnten.

Es ist der Einsatz von Radarsensoren in Fahrzeugen bekannt.

Beispielsweise ist aus der DE 42 01 806 A1 bekannt, ein Fahrzeug im Heckbereich mit einem Radarsensor auszustatten, so dass mittels des Radarsensors der Abstand zu einem Hindernis während einer Rückwärtsfahrt ermittelbar ist.

45 Weiterhin ist bekannt, in Fahrzeugen ein Automobilradarsensormodul zur Abstands- und Geschwindigkeitsmessung in Vorwärtsfahrtrichtung einzusetzen. In Fig. 1 ist der aus dem Stand der Technik bekannte Einsatzbereich eines Automobilradarsensormoduls 16 dargestellt. An einem Kraftfahrzeug 17 ist im Frontbereich ein entsprechendes Automobilradarsensormodul 16 angeordnet. Dieses
50 Automobilradarsensormodul 16 dient hierbei dazu, die Relativgeschwindigkeit zu anderen vorausfahrenden Fahrzeugen oder zu entsprechenden Hindernissen (nicht dargestellt) zu ermitteln. Das Automobilradarsensormodul 16 ist dabei derart orientiert, so dass ein Messbereich 18 breit und flach ist, wobei der Azimutwinkel zu vorausfahrenden Fahrzeugen oder Hindernissen ermittelt werden kann. Der
55 Messbereich 18 kann auch als Erfassungsbereich bezeichnet werden. Eine Ellipse 19 verdeutlicht in Fig. 1 die Ausdehnung des Messbereiches 18 parallel zur Straße.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannte Radarvorrichtung zur Detektion von unbemannten, langsam und tief fliegenden Flugobjekten derart weiterzubilden und auszugestalten, so dass die Detektion von
60 unbemannten, langsam und tief fliegenden Flugobjekten verbessert ist.

Diese der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird nun durch eine Radarvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Mindestens einer der Radarsensoren ist als Automobilradarsensormodul ausgestaltet, wobei solch ein Automobilradarsensormodul auch in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden
65 könnte. Solche Automobilradarsensormodule werden im Stand der Technik genutzt, um die Distanzen und die Relativgeschwindigkeit zu vorausfahrenden Fahrzeugen oder Hindernissen zu messen. Die Verwendung eines Automobilradarsensormoduls zur Detektion von Flugobjekten hat den Vorteil, dass das Automobilradarsensormodul besonders gut zum Einsatz in urbaner Umgebung
70 geeignet ist. Diese Automobilradarsensormodule sind gut geeignet, auch kleinere Flugobjekte von sonstigen Stördaten in urbaner Umgebung zu unterscheiden. Die Radarvorrichtungen können dazu genutzt werden, bodennahe Zonen - beispielsweise Straßenschluchten oder dergleichen - zu überwachen, da die Automobilradarsensormodule dazu ausgelegt sind, wenig Stördaten in urbanen
75 Umgebungen zu produzieren. Ferner sind solche Automobilradarsensormodule robust. Die Automobilradarsensormodule sind kostengünstig zu beschaffen.

Das Automobilradarsensormodul hat insbesondere eine Reichweite von weniger als 1 Kilometer, insbesondere von weniger als 500 Metern, insbesondere von 200 Metern oder weniger. Es ist denkbar, die Radarvorrichtung zur Detektion und/oder zur Verfolgung von bodennahen Flugobjekten im Abstand bis zu 60 Metern oder von bis zu 200 Metern einzusetzen. In dem Bereich bis 60 Metern kann dabei eine Nahbereichsmessung und in dem Bereich bis 200 Metern kann eine Fernbereichsmessung erfolgen. Das Automobilradarsensormodul misst dabei vorzugsweise gleichzeitig die Relativgeschwindigkeit und das Winkelverhältnis zwischen dem Automobilradarsensormodul und dem Flugobjekt. Der Begriff tief fliegend Flugobjekte kennzeichnet Flugobjekte, die nicht durch langreichweitige militärische Radarsysteme detektierbar sind. Dies betrifft insbesondere Flugobjekte, die in Häuserschluchten oder Gebirgstälern fliegen. Mittels des Automobilradarsensormoduls ist vorzugsweise eine bodennahe Zone überwachbar, die sich zumindest 10 Meter, vorzugsweise mindestens 20 Meter über dem Grund erstreckt. Insbesondere umfasst die bodennahe Zone auch einen Bereich von 20 bis 30 Meter über Grund.

Mittels des Automobilradarsensormoduls ist insbesondere die Distanz und die Geschwindigkeit des Flugobjekts messbar. Zur Messung der Geschwindigkeit ist der Dopplereffekt ausnutzbar. Das Automobilradarsensormodul ist vorzugsweise als Dauerstrichradar, insbesondere als moduliertes Dauerstrichradar ausgebildet. Das Automobilradarsensormodul ist vorzugsweise mit einem CAN-Bus (Controller Area Network) als Schnittstelle zur Datenübertragung ausgestattet. Das Automobilradarsensormodul kann ein Radar-Betriebsfrequenzband zwischen 76 und 81 GHz, insbesondere zwischen 76 und 77 GHz aufweisen. Das Automobilradarsensormodul ist mit einer Gleichspannung betreibbar, beispielsweise mit einer Gleichspannung von 12 Volt, 24 Volt oder 48 Volt.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Abmessungen eines solchen Automobilradarsensormoduls klein sind und das Automobilradarsensormodul leicht ist. Hierdurch kann auch die Radarvorrichtung kompaktbauend und/oder leichtbauend ausgestaltet sein. Das Automobilradarsensormodul kann beispielsweise eine Länge von weniger als 20 cm aufweisen. Das Gewicht des Automobilradarsensormoduls kann unterhalb von 1 kg, insbesondere unterhalb von 0,5 kg liegen. In bevorzugter Ausgestaltung ist das Automobilradarsensormodul drehbar angeordnet. Hierdurch ist der Überwachungsbereich der Radarvorrichtung nicht auf den aktuellen Messbereich des Automobilradarsensormoduls beschränkt. Durch Drehen des Automobilradarsensormoduls und damit des Messbereichs ist der Überwachungsbereich vergrößerbar. Ferner kann die Radarvorrichtung hierdurch auch zur Verfolgung von Flugobjekten eingesetzt werden. Insbesondere ist das Automobilradarsensormodul relativ zu einer Hochachse drehbar angeordnet. Die Radarvorrichtung weist insbesondere eine Halterung auf, wobei die Halterung mindestens ein Automobilradarsensormodul trägt. Die Halterung trägt vorzugsweise

mehrere Automobilradarsensormodule. Die Halterung kann durch ein Gehäuse gebildet sein. Die Halterung ist drehbar angeordnet. Die Halterung kann mit einem drehbar gelagerten Drehteller verbunden sein. Durch Drehen des Drehtellers überstreicht der Messbereich des Automobilradarsensormoduls bzw. überstreichen die unterschiedlichen Messbereiche der Automobilradarsensormodule nun die Umgebung je nach Drehstellung des Drehtellers. Durch die Rotation des Automobilradarsensormoduls ist es insbesondere möglich, ein 360°-Azimutspektrum abzusuchen.

Im Vergleich zum Einsatz eines solchen Automobilradarsensormoduls in Kraftfahrzeugen ist hier das Automobilradarsensormodul jeweils um insbesondere 90° Grad gedreht an der Halterung angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass die Auflösung der Radarvorrichtung bezüglich des Azimutwinkels entsprechend groß ist. Das Automobilradarsensormodul erfasst einen Messbereich mit einem Elevationserfassungswinkel und mit einem Azimuterfassungswinkel. Der Elevationserfassungswinkel des Messbereiches ist vorzugsweise größer als der Azimuterfassungswinkel des Messbereiches. Der Elevationserfassungswinkel kann bspw. mehr als 15° betragen, insbesondere mehr als 30°, vorzugsweise mehr als 45° betragen. In einer bevorzugten Ausgestaltung kann der Elevationserfassungswinkel im Nahbereich – d.h. bis bspw. 60m – 56° und im Fernbereich – d.h. bis bspw. 200m – 19° betragen. Der Azimuterfassungswinkel des Messbereiches kann insbesondere weniger als 15° insbesondere weniger als 10°, vorzugsweise weniger als 5° betragen. In einer bevorzugten Ausgestaltung kann der Azimuterfassungswinkel 4,3° betragen. Es ist weiterhin denkbar, dass das Automobilradarsensormodul derart ausgerichtet ist, dass der Elevationserfassungswinkel des Messbereiches kleiner ist als der Azimuterfassungswinkel des Messbereiches.

Es ist denkbar, dass jede Radarvorrichtung mehrere Automobilradarsensormodule aufweist. Diese Automobilradarsensormodule können an einer Halterung in unterschiedliche Elevationsrichtungen ausgerichtet sein. In einer Ausgestaltung kann ein erstes Automobilradarsensormodul weiter nach oben ausgerichtet sein als ein zweites Automobilradarsensormodul, wobei das erste Automobilradarsensormodul einen oberen Elevationsbereich und das zweite Automobilradarsensormodul einen unteren Elevationsbereich erfasst. In einer Ausgestaltung der Radarvorrichtung ist ein erstes Automobilradarsensormodul zur Erfassung eines oberen Elevationsbereiches und ein zweites Automobilradarsensormodul zur Erfassung eines unteren Elevationsbereiches sowie ein drittes Automobilradarsensormodul zur Erfassung eines mittleren Elevationsbereiches zwischen dem oberen Elevationsbereich und dem unteren Elevationsbereich vorgesehen. Es ist vorteilhaft, wenn die Automobilradarsensormodule jeweils in unterschiedlichen Azimutrichtungen und/oder in unterschiedlichen Elevationswinkeln an der Halterung angeordnet sind, um eine höhere Aktualisierungsrate pro Umdrehung zu erreichen und/oder um einen größeren Elevationsbereich abzudecken. Die Halterung kann beispielsweise als

160 Säule ausgestaltet sein, wobei jede Säulenseite mindestens ein Fenster für jeweils
mindestens eines der Automobilradarsensormodule aufweist. Wenn die Säule nun
eine rechteckige, insbesondere quadratische Grundfläche und entsprechend vier
Säulenseiten aufweist, kann nun jeder Säulenseite mindestens ein
Automobilradarsensormodul zugeordnet sein. In einer Ausgestaltung der Erfindung
165 ist wenigstens einem an einer Halterung angeordneten Automobilradarsensormodul
wenigstens eine TV-Kamera und / oder wenigstens eine IR-Kamera funktional
zugeordnet. Dabei kann das Signal der TV- und / oder IR-Kamera der Identifikation
des erfassten Typs des LSS-Flugobjektes dienen. Die Identifikation des Typs LSS-
Flugobjektes erlaubt beispielsweise durch einen Vergleich mit hinterlegten
Standardtypobjektdaten die Bewertung der Gesamtsituation.

170 In einer weiteren Ausgestaltung ist das Automobilradarsensormodul auf einen
schwenkbaren Reflektor ausgerichtet, wobei durch Schwenken des Reflektors der
Messbereich des Automobilradarsensormoduls veränderbar ist. Das
Automobilradarsensormodul ist stationär angeordnet und selbst nicht drehbar
angeordnet. Da der Messbereich durch Schwenken, insbesondere durch Drehen,
175 des Reflektors veränderbar ist, kann auf eine Bewegung der Masse des
Automobilradarsensormoduls verzichtet werden. Das Trägheitsmoment ist kleiner
als, wenn die Automobilradarsensormodule an einer Halterung drehbar angeordnet
sind. Durch das kleinere Trägheitsmoment kann der entsprechende Antrieb für den
Reflektor kleiner dimensioniert werden. Ferner müssen bei dieser Ausgestaltung
180 keine elektrischen Drehkupplungen für das Automobilradarsensormodul vorgesehen
sein. Dies ermöglicht es, dass der Aufbau der Radarvorrichtung vereinfacht ist und
Kosten für eine elektrische Drehkupplung eingespart werden können. Die
Verkabelung des Automobilradarsensormoduls ist statisch. Durch das Schwenken
des Reflektors ist der Messbereich variierbar und somit der Überwachungsbereich
185 vergrößert. Hierdurch ist es möglich, weniger Automobilradarsensormodule
einzusetzen, um einen bestimmten Überwachungsbereich zu überwachen.

Der Reflektor ist vorzugsweise als gut leitende Platte, insbesondere als Blech
ausgebildet. Der Reflektor ist insbesondere als Reflektorblech oder Reflektorpolygon
ausgebildet. Das Automobilradarsensormodul ist mit seinem Antennenfeld auf den
190 Reflektor ausgerichtet und wird nicht bewegt. Der Reflektor ist vorzugsweise um eine
aufragende Achse, vorzugsweise um eine Vertikalachse schwenkbar. Der Reflektor
ist mittels eines Antriebs antreibbar. Die Lage des Reflektors ist insbesondere mittels
eines Positionsgebers, insbesondere mittels eines Positionsschalters bestimmbar.
Mittels der Positionsschalter werden vorzugsweise Start- und Stoppzeiten ermittelt,
195 wobei in Abhängigkeit von den Start- und Stoppzeiten ein Scannen mittels des
Automobilradarsensormoduls erfolgt. Die Scanrate ist bei Benutzung der Vorderseite
und der Rückseite des Reflektors verdoppelt. Das Azimut-Scanprofil entspricht
insbesondere einem Sägezahnprofil.

200 In einer Ausgestaltung kann der Reflektor periodisch von einer Endposition in eine weitere Endposition wieder zurück zur ersten Endposition geschwenkt werden. Hierbei wird insbesondere nur eine Seite des Reflektors genutzt, das heißt von dem Antennenfeld angestrahlt. In bevorzugter Ausgestaltung erfolgt das Schwenken des Reflektors dadurch, dass der Reflektor um eine Achse rotiert, wobei die unterschiedlichen Seiten des Reflektors nun entsprechend nacheinander von dem Antennenfeld angestrahlt werden. Diese Ausgestaltung vermeidet ein periodischen abbremsten und beschleunigen des Reflektors, was der Lebensdauer des Antriebsmechanismus des Reflektors zugutekommt. Die Drehbewegung des Reflektors kann dabei entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn erfolgen. Die Drehrichtung wird bei der Rotation jedoch in diesem Betriebsmodus beibehalten.

215 Die Radarvorrichtung weist vorzugsweise mindestens eine Schnittstelle zur Datenübertragung an eine Zentrale auf. Die Radarvorrichtung weist insbesondere mindestens ein Übertragungsmodul auf, welche die Radardaten mit der Drehposition des Drehtellers an die Zentrale weiterleitet. Das Übertragungsmodul stellt insbesondere eine Funkschnittstelle bereit. Das Übertragungsmodul kann bspw. ein ISM-Modul, ein GSM-Modul, ein UMTS-Modul oder ein LTE-Modul aufweisen. Das Übertragungsmodul kann innerhalb der Säule oder an der Säule angeordnet sein. Das Übertragungsmodul erhält über die CAN-Schnittstellen die Radardaten und von einem Antrieb oder einem Sensor die Drehposition. Die Drehposition und die zugehörigen Radardaten werden mittels des Übertragungsmoduls an eine Zentrale weitergeleitet, wobei in der Zentrale die Daten der Radarvorrichtungen ausgewertet werden.

225 Es ist nun möglich, mit mehreren solchen Radarvorrichtungen eine besonders vorteilhafte Radaranordnung aufzubauen. Die Radaranordnung weist mindestens eine Radarvorrichtung auf, die insbesondere eine untere, bodennahe Zone überwacht. Es sind vorzugsweise mehrere Radarvorrichtungen beabstandet zueinander angeordnet, wobei die Radarvorrichtungen unterschiedliche Überwachungsbereiche erfassen, wobei die unterschiedlichen Überwachungsbereiche sich vorzugsweise überschneiden. Die Radarvorrichtungen können dabei erhöht auf Gebäuden angeordnet sein, um Straßenschluchten od. dgl. gut überwachen zu können. Die sich überschneidenden Überwachungsbereiche bilden einen Überwachungsring um ein zu schützendes Objekt. Das zu schützende Objekt kann bspw. ein Gebäude, eine Sportstätte oder dergleichen sein. Um einen solchen Überwachungsring zu bilden, werden nun die entsprechenden Radarvorrichtungen beabstandet zueinander angeordnet, so dass die Überwachungsbereiche der einzelnen Radarvorrichtungen sich überschneiden und so insgesamt den Überwachungsring bilden.

Die Radaranordnung weist vorzugsweise mindestens eine Sensoreinheit eines Luft-Nahbereichs-Flugabwehrsystem auf, wobei die Sensoreinheit mindestens einen

240 Radarsensor zur Überwachung einer oberen Zone aufweist. Die Sensoreinheit
überwacht eine obere Zone oberhalb der Häuser, Gebäude oder Bäume in einer
urbanen Umgebung. Die Sensoreinheit kann dazu erhöht angeordnet sein.
Beispielsweise ist die Sensoreinheit auf einem Hausdach angeordnet. Die
Sensoreinheit ist gut geeignet, um höher fliegende Flugobjekte ebenfalls gut
245 erfassen zu können. Es ist vorzugsweise eine Sensoreinheit des Luft-Nahbereichs-
Flugabwehrsystems „Skyshield“ mit einem X-Band-Radarsensor vorgesehen. Die
Radaranordnung ist besonders vorteilhaft, da hier in der unteren, bodennahen,
clutterreichen Zone die entsprechenden Radarvorrichtungen mit
Automobilradarsensoren verwendet werden, um langsam und tief fliegende,
250 unbemannte Flugobjekte detektieren zu können.

Die eingangs genannten Nachteile sind daher vermieden und entsprechende Vorteile
sind erzielt.

Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, die erfindungsgemäße Radarvorrichtung
und die erfindungsgemäße Radaranordnung in vorteilhafter Art und Weise
255 auszugestalten und weiterzubilden. Hierfür darf zunächst auf die dem
Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche verwiesen werden. Im
Folgenden werden unterschiedliche Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen
Radarvorrichtung anhand der Zeichnung und der dazugehörigen Beschreibung näher
erläutert.

260 In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein Kraftfahrzeug mit einem
Automobilradarsensormodul,

265 Fig. 2 in einer schematischen Darstellung eine urbane Umgebung mit einer
Sensoreinheit und mit einem langsam und tief fliegenden, unbemannten
Flugobjekt,

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung die urbane Umgebung mit der
Sensoreinheit und dem Flugobjekt, wobei nun zusätzlich eine
erfindungsgemäße Radarvorrichtung vorgesehen ist,

270 Fig. 4 in schematischer, perspektivischer Darstellung eine erste Ausgestaltung
der Radarvorrichtung,

Fig. 5 in einer schematischen Draufsicht die erste Ausgestaltung der
Radarvorrichtung,

Fig. 6 in einer schematischen Draufsicht eine zweite Ausgestaltung der
Radarvorrichtung,

- 275 Fig. 7 in einer schematischen, perspektivischen Darstellung eine dritte Ausgestaltung der Radarvorrichtung,
- Fig. 8 in einer schematischen, perspektivischen Darstellung eine vierte Ausgestaltung der Radarvorrichtung,
- 280 Fig. 9 in einer schematischen Draufsicht die vierte Ausgestaltung der Radarvorrichtung in Draufsicht in einem ersten Betriebsmodus, und
- Fig. 10 in einer schematischen Draufsicht die vierte Ausgestaltung der Radarvorrichtung in Draufsicht in einem zweiten, alternativen Betriebsmodus.

285 Bevor auf die Radarvorrichtungen 1, 2, 3, 27 näher anhand der Fig. 4 bis 7 und 8 bis 9 eingegangen werden darf, wird nun zunächst das bevorzugte Einsatzgebiet der Radarvorrichtungen 1, 2, 3, 27 anhand der Fig. 2 und 3 näher erläutert.

In Fig. 2 und 3 ist eine urbane Umgebung mit mehreren Gebäuden 4, 5, 6 dargestellt. Zwischen den beiden Gebäuden 5 und 6 stehen Bäume 7. Auf dem Dach des Gebäudes 4 ist nun eine Sensoreinheit 8 installiert bzw. erhöht angeordnet. Die
290 Sensoreinheit 8 umfasst einen Radarsensor 9. Die Sensoreinheit 8 weist vzw. neben dem Radarsensor 9 noch weitere elektrooptische Sensoren und/oder noch weitere Radarsensoren auf (nicht dargestellt). Mit der Sensoreinheit 8 kann ein Luftlagebild erstellt werden, wobei insbesondere im Bereich von 360° Grad und bis auf eine maximale Entfernung von bspw. 20 km Flugobjekte sichtbar gemacht werden
295 können. Solche Sensoreinheiten 8 sind gut geeignet, in einer oberen Zone 10 Flugobjekte zu detektieren und zu verfolgen.

In Fig. 2 ist hier eine Grenzlinie 11 schematisch angedeutet. Unterhalb der Grenzlinie 11 liegt eine untere, bodennahe Zone 12, wobei in dieser unteren Zone 12 sich die entsprechenden Gebäude 4, 5, 6, die Bäume 7 und dergleichen befinden. Diese
300 untere Zone 12 ist mit der Sensoreinheit 8 und dem Radarsensor 9 nicht optimal überwachbar, da eine Vielzahl von Radarstörsignalen auftreten können. Die untere Zone 12 kann daher auch als Bodenclutterzone bezeichnet werden. Die untere Zone 12 kann sich insbesondere bis zu den Giebeln bzw. Dächern der Gebäude 4, 5, 6 erstrecken.

305 In Fig. 2 und Fig. 3 ist nun dargestellt, dass ein ferngesteuertes, kleines und langsames, unbemanntes Flugobjekt 13 tief fliegend entlang eines Flugweges 14 bewegt wird. Das Flugobjekt 13 ist mittels der Sensoreinheit 8 schwer zu detektieren und zu verfolgen, da das Flugobjekt 13 nahe entlang der Fassade des Gebäudes 6 und nahe der Bäume 7 bewegt wird.

310 Um nun die Detektion zu verbessern, sind zusätzlich mehrere Radarvorrichtungen 1, 2, 3 (vgl. Fig. 3 bis 7) und/oder Radarvorrichtungen 27 (Vgl. Fig. 8 bis 10)

vorgesehen. Jede der Radarvorrichtungen 1, 2, 3, 27 weist mindestens einen Radarsensor 15 auf. Die eingangs genannten Nachteile sind nun dadurch vermieden, dass mindestens ein Radarsensor 15 als Automobilradarsensormodul 16
315 ausgestaltet ist. Dies hat den Vorteil, dass die Detektion von entsprechenden langsamen Flugobjekten 13 insbesondere in der bodennahen unteren Zone 12 verbessert ist. Vorzugsweise sind alle Radarsensoren 15 als Automobilradarsensormodule 16 ausgebildet. Diese Automobilradarsensormodule 16 sind gut geeignet, auch kleinere Flugobjekte 13 von Stördaten in urbaner Umgebung
320 zu unterscheiden. Ferner sind solche Automobilradarsensormodule 16 robust und kostengünstig.

Bei den in Fig. 3 bis 7 dargestellten Radarvorrichtungen 1 zur Detektion der entsprechenden Flugobjekte 13 ist nun das Automobilradarsensormodul 16 im Vergleich zur Verwendung bei Kraftfahrzeugen (vgl. Fig. 1 und zugehörige
325 Beschreibung) um 90° Grad gedreht angeordnet, so dass der Messbereich 20 in der Vertikalen größer ist als in der Horizontalen.

Die Radarvorrichtungen 1, 2, 3 weisen jeweils eine Halterung 21 auf, die zur Befestigung bzw. Anordnung für der Automobilradarsensormodule 16 dienen. Die Halterung 21 ist mit einem Drehteller 22 fest verbunden. Hierdurch sind die
330 entsprechenden Automobilradarsensormodule 16 funktional wirksam drehbar angeordnet. Der Drehteller 22 kann auf einem entsprechenden Fuß drehbar gelagert sein. Der Drehteller 22 ist vzw. mittels eines nicht dargestellten Antriebs antreibbar. Hierbei wird die Drehstellung des Drehtellers 22 erfasst. Mittels des Automobilradarsensormoduls 16 kann nun der entsprechende Messbereich 20 durch
335 Drehung des Drehtellers 22 gedreht werden, um die untere Zone 12 nach entsprechenden Flugobjekten 13 abzusuchen. Sobald ein Flugobjekt 13 von dem Automobilradarsensormodul 16 detektiert worden ist, kann der Drehteller 22 derart angesteuert werden, so dass der Messbereich 20 dem Flugobjekt 13 folgt. Die Drehbewegung 24 des Drehtellers 22 ist durch einen Pfeil jeweils angedeutet. Die
340 Drehbewegung 24 kann dabei entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn erfolgen.

Die Radarvorrichtungen 1, 2, 3, 27 weisen jeweils insbesondere ein Übertragungsmodul 23 auf. Mittels des Übertragungsmoduls 23 sind die Radardaten und/oder im Falle der Radarvorrichtungen 1, 2, 3 die Drehposition des Drehtellers 22
345 an eine Zentrale weiterleitbar. Das Übertragungsmodul 23 überträgt die entsprechenden Daten insbesondere mittels Funk bzw. stellt eine Funkverbindung bereit.

Das Übertragungsmodul 23 kann ein GSM-Modul, ein ISM-Modul, ein UMTS-Modul und/oder ein LTE-Modul aufweisen (nicht dargestellt). In alternativer Ausgestaltung
350 ist es denkbar, dass das Übertragungsmodul 23 die entsprechenden Daten drahtgebunden an die Zentrale weiterleitet.

In der in Fig. 4 und 5 dargestellten Ausgestaltung weist die Radarvorrichtung 1 genau ein Automobilradarsensormodul 16 auf. Um die Aktualisierungsrate zu erhöhen, ist es denkbar, dass mehrere Automobilradarsensormodule 16 vorgesehen sind, die an der Halterung 21 angeordnet und in unterschiedliche Azimutrichtungen weisen, wie es bspw. in Fig. 6 angedeutet ist. Hier sind vier Automobilradarsensormodule 16 in vier Azimutrichtungen (nicht näher bezeichnet) gerichtet. Diese Azimutrichtungen sind insbesondere jeweils um 90° Grad zueinander beabstandet. Es ist jedoch denkbar, eine andere Anzahl von Automobilradarsensormodulen 16 unterschiedlichen Azimutrichtungen zuzuweisen. Beispielsweise können zwei, drei, fünf oder mehr Azimutbereiche durch entsprechende Automobilradarsensormodule 16 abgedeckt sein. Hierdurch ist die Aktualisierungsrate pro Umdrehung erhöht.

In der in Fig. 7 dargestellten Ausgestaltung ist der Überwachungsbereich in der Vertikalen durch unterschiedliche ausgerichtete Automobilradarsensoren 16 vergrößert. Es ist ein erstes Automobilradarsensormodul 16 für einen oberen Elevationsbereich 25 und ein zweites Automobilradarsensormodul 16 für einen unteren Elevationsbereich 26 vorgesehen. Es ist denkbar, hierbei zusätzlich weitere Automobilradarsensormodule 16 entsprechend anzuordnen, die in andere Azimutrichtungen an der Halterung 21 gerichtet sind, wie es in Fig. 6 dargestellt ist.

In Fig. 8 bis 10 ist nun eine Radarvorrichtung 27 dargestellt. Die Radarvorrichtung 27 weist ebenfalls ein Radarsensor 15 auf. Der Radarsensor 15 ist als Automobilradarsensor 16 ausgestaltet. Das Automobilradarsensor 16 ist im Vergleich zur Verwendung bei Kraftfahrzeugen um 90° Grad gedreht angeordnet, so dass der Messbereich 20 in der Vertikalen größer ist als in der Horizontalen. Alternativ kann der Messbereich 20 jedoch auch in der Vertikalen kleiner als in der Horizontalen sein. Das Automobilradarmodul 16 wird in dieser Ausgestaltung insbesondere von einer Halterung (nicht dargestellt) stationär gehalten. Beabstandet zu dem Automobilradarsensormodul 16 weist die Radarvorrichtung 27 nun einen Reflektor 28 auf. Der Reflektor 28 ist vorzugsweise als gut elektrisch leitende Platte (nicht näher bezeichnet) ausgebildet. Der Reflektor 28 kann eine rechteckige Fläche oder eine quadratische Fläche oder eine polygonale Fläche aufweisen. Der Reflektor 28 ist um eine aufragende Achse 29 drehbar angeordnet. Die Drehrichtung 30 ist hier durch einen Pfeil angedeutet. Die Achse 29 ist aufragend ausgerichtet. Das Automobilradarsensormodul 16 ist auf den Reflektor 28 ausgerichtet. Dadurch, dass das Automobilradarsensormodul 16 auf den schwenkbaren Reflektor 28 ausgerichtet ist, kann durch Schwenken des Reflektors 28 der Messbereich 20 des Automobilradarsensormoduls 16 verändert werden. Das Automobilradarsensormodul 16 ist stationär angeordnet und selbst nicht drehbar. Da der Messbereich 20 durch Schwenken, insbesondere durch Drehen, des Reflektors 28 veränderbar ist, kann auf den Einsatz einer elektrischen Drehkupplung zur Stromversorgung und zur Datenübertragung verzichtet werden.

Der Reflektor 28 ist mit einem Antrieb 31 funktional wirksam gekoppelt. Der Antrieb 31 ist hier unterhalb des Reflektors 28 im Bereich der Achse 29 angebracht. Der Antrieb 29 kann bspw. einen Drehteller aufweisen, wobei der Drehteller von dem Antrieb 31 antreibbar ist. Mittels des Antriebs 31 ist der Reflektor 28 um die Achse 29 schwenkbar. Wenn der Reflektor 28 nun geschwenkt wird, so verändert sich der vom Reflektor 28 abgestrahlte Messbereich 20. Die Bewegungsrichtung 32 des Messbereiches 20 ist hier durch einen Pfeil angedeutet.

Es sind nun als Positionsgeber zwei Positionsschalter 33, 34 vorgesehen. Die Positionsschalter 33, 34 dienen zur Radarsteuerung und/oder zur Antriebssteuerung. Die Lage des Reflektors 28 ist mittels der Positionsschalter 33, 34 bestimmbar. Mittels der Positionsschalter 33, 34 werden vorzugsweise Start- und Stoppzeiten ermittelt, wobei in Abhängigkeit der Start- und Stoppzeit ein Scannen mittels des Automobilradarsensormoduls 16 erfolgt. Das Azimut-Scanprofil entspricht dabei insbesondere einem Sägezahnprofil.

Im Folgenden darf auf Fig. 9 und 10 näher eingegangen werden. In den Fig. 9 und 10 sind zwei unterschiedliche Betriebsmodi dargestellt.

In Fig. 9 ist dargestellt, dass zum Vergrößern des abzusuchenden Bereichs der Reflektor 28 in eine erste Endposition und in eine zweite Endposition schwenkbar ist, wobei beim Erreichen der gegenüberliegenden Endposition die Bewegung des Reflektor 28 mittels des Antriebs 31 umgekehrt wird. Der Reflektor 28 pendelt zwischen den beiden Endpositionen. Hierdurch wird der Messbereich 20 periodisch innerhalb des Sektors 36 in der Ausbreitungsrichtung 35 variiert, wobei die Größe des Sektors 36 durch die beiden Endpositionen des Reflektors 28 bestimmt ist. Der Überwachungsbereich ist hier durch den Sektor 36 gebildet. Das Automobilradarsensormodul 16 ist hierbei stets auf die gleiche Seite des Reflektors 28 ausgerichtet. Hierdurch wird der Überwachungsbereich lediglich zu einer Seite hin vergrößert.

In Fig. 10 ist nun ein weiterer Betriebsmodus dargestellt, wobei der Reflektor 28 stets in der gleichen Drehrichtung rotiert. Der Reflektor 28 führt eine 360 ° Drehung aus. Die Drehbewegung des Reflektors 28 ist daher endlos. Hierbei ist das Automobilradarsensormodul mal auf die eine Seite des Reflektors 28 ausgerichtet und mal auf die andere Seite des Reflektors 28 ausgerichtet. Durch diese Ausgestaltung ist ein zweiseitiges Absuchen innerhalb von zwei Sektoren 39, 40 ermöglicht. Die Drehbewegung kann sowohl im Uhrzeiger oder gegen den Uhrzeigersinn erfolgen. In Fig. 10 ist die Ausbreitungsrichtung 37 des Messbereiches 20 für die erste Seite und die Ausbreitungsrichtung 38 für die zweite Seite schematisch dargestellt. Hierdurch ergeben sich zwei unterschiedliche Sektoren 39, 40, in denen der Messbereich 20 bewegt wird, je nachdem wie der Reflektor 28 relativ zum Automobilradarsensormodul 16 ausgerichtet ist. Die Scanrate ist bei Benutzung der Vorderseite und der Rückseite des Reflektors 28 verdoppelt. Ferner

ist hierdurch der Überwachungsbereich vergrößert, wobei der Überwachungsbereich sich beidseitig des Reflektors erstreckt.

435 Es ist denkbar, dass die mehrere Automobilradarsensormodule 16 jeweils in unterschiedlichen Elevationsrichtungen auf einen oder mehrere drehbare Reflektoren 28 ausgerichtet sind, um unterschiedliche Elevationsbereiche zu erfassen. Beispielsweise kann so auch in dieser Ausgestaltung ein erstes Automobilradarsensormodul 16 zur Erfassung eines oberen Elevationsbereiches und
440 ein zweites Automobilradarsensormodul 16 zur Erfassung eines unteren Elevationsbereiches vorgesehen sein (nicht näher dargestellt).

Alternativ kann ein erstes Automobilradarsensormodul 16 zur Erfassung eines oberen Elevationsbereiches 25 und ein zweites Automobilradarsensormodul 16 zur Erfassung eines unteren Elevationsbereiches 26 sowie ein drittes
445 Automobilradarsensormodul 16 zur Erfassung eines mittleren Elevationsbereiches zwischen dem oberen Elevationsbereich 25 und dem unteren Elevationsbereich 26 vorgesehen sein. Es ist denkbar jedem Automobilradarsensormodul 16 einen separaten Reflektor 28 zuzuordnen oder dass mehrere Automobilradarsensormodule 16 einen Reflektor 28 gemeinsam nutzen.

450 Die eingangs genannten Nachteile sind daher vermieden und entsprechende Vorteile sind erzielt.

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Radarvorrichtung
455	2	Radarvorrichtung
	3	Radarvorrichtung
	4	Gebäude
	5	Gebäude
	6	Gebäude
460	7	Baum
	8	Sensoreinheit
	9	Radarsensor
	10	obere Zone
	11	Grenzlinie
465	12	untere Zone
	13	Flugobjekt
	14	Flugweg
	15	Radarsensor
	16	Automobilradarsensormodul
470	17	Kraftfahrzeug
	18	Messbereich
	19	Ellipse
	20	Messbereich
	21	Halterung
475	22	Drehteller
	23	Übertragungsmodul
	24	Drehbewegung

	25	oberer Elevationsbereich
	26	unterer Elevationsbereich
480	27	Radarvorrichtung
	28	Reflektor
	29	Achse
	30	Drehrichtung
	31	Antrieb
485	32	Bewegungsrichtung
	33	Positionsschalter
	34	Positionsschalter
	35	Ausbreitungsrichtung
	36	Sektor
490	37	Ausbreitungsrichtung
	38	Ausbreitungsrichtung
	39	Sektor
	40	Sektor

495 **PATENTANSPRÜCHE**

1. Radarvorrichtung (1, 2, 3, 27) zur Detektion von unbemannten, langsam und tief fliegenden Flugobjekten (13), mit mindestens einem Radarsensor (15), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Radarsensor (15) als Automobilradarsensormodul (16) ausgestaltet ist.
500
2. Radarvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Automobilradarsensormodul (16) derart ausgerichtet ist, dass ein Messbereich (20) des Automobilradarsensormoduls (16) einen Azimuterfassungswinkel und einen Elevationserfassungswinkel aufweist, wobei der
505 Elevationserfassungswinkel größer ist als der Azimuterfassungswinkel.
3. Radarvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Automobilradarsensormodul (16) derart ausgerichtet ist, dass ein Messbereich (20) des Automobilradarsensormoduls (16) einen Azimuterfassungswinkel und einen Elevationserfassungswinkel aufweist, wobei der
510 Elevationserfassungswinkel kleiner ist als der Azimuterfassungswinkel.
4. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Automobilradarsensormodul (16)
515 an einer Halterung (21) angeordnet ist, wobei die Halterung (21) funktional wirksam drehbar gelagert ist.
5. Radarvorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung (21) mit einem Drehteller (22) fest verbunden ist, wobei der Drehteller (22) drehbar gelagert ist, wobei der Drehteller (22) mittels eines Antriebs antreibbar ist.
520
6. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Automobilradarsensormodule (16) an einer Halterung (21) in unterschiedlichen Azimutrichtungen ausgerichtet sind.
525
7. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Automobilradarsensormodule (16) an einer Halterung (21) in unterschiedlichen Elevationsrichtungen ausgerichtet sind.
530
8. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Automobilradarsensormodul (16) zur Erfassung eines oberen Elevationsbereiches (25) und ein zweites Automobilradarsensormodul (16) zur Erfassung eines unteren Elevationsbereiches (26) vorgesehen ist.
535

9. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Automobilradarsensormodul (16) zur Erfassung eines oberen Elevationsbereiches (25) und ein zweites Automobilradarsensormodul (16) zur Erfassung eines unteren Elevationsbereiches (26) sowie ein drittes Automobilradarsensormodul (16) zur Erfassung eines mittleren Elevationsbereiches zwischen dem oberen Elevationsbereich (25) und dem unteren Elevationsbereich (26) vorgesehen ist.
10. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung (21) als Säule ausgestaltet ist, wobei an unterschiedlichen Säulenseiten mindestens ein Fenster für jeweils mindestens ein Automobilradarsensormodul (16) vorgesehen ist, wobei diesen Säulenseite mindestens ein Automobilradarsensormodul (16) zugeordnet ist.
11. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem wenigstens einen an einer Halterung (21) angeordneten Automobilradarsensormodul (16) wenigstens eine TV-Kamera und / oder wenigstens eine IR-Kamera funktional zugeordnet ist.
12. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übertragungsmodul (23) zur Übertragung von Radardaten des mindestens einen Automobilradarsensormoduls (16) und/oder einer Drehposition zu einer Zentrale vorgesehen ist.
13. Radarvorrichtung nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Übertragungsmodul (23) eine Funkverbindung bereitstellt.
14. Radarvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Automobilradarsensormodul (16) auf einen schwenkbaren Reflektor (28) ausgerichtet ist, wobei durch Schwenken des Reflektors der Messbereich (20) des Automobilradarsensormoduls (16) veränderbar ist.
15. Radaranordnung, gekennzeichnet durch mindestens eine Radarvorrichtung (1, 2, 3, 27) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Radarvorrichtung (1, 2, 3, 27) einen Überwachungsbereich in einer bodennahen, unteren Zone (12) überwacht.

- 580 16. Radaranordnung nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Radarvorrichtungen (1, 2, 3, 27) beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei die Radarvorrichtungen (1, 2, 3, 27) unterschiedliche Überwachungsbereiche erfassen, wobei die unterschiedlichen Überwachungsbereiche sich überschneiden.
- 585 17. Radaranordnung nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die sich überschneidenden Überwachungsbereiche einen Überwachungsring um ein zu schützendes Objekt bilden.
- 590 18. Radaranordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sensoreinheit (8) eines Luft-Nahbereichs-Flugabwehrsystem vorgesehen ist, wobei die Sensoreinheit mindestens einen Radarsensor (9) zur Überwachung einer oberen Zone (10) vorgesehen ist, wobei die obere Zone (10) sich oberhalb der unteren Zone (12) befindet.