

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 709 915 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.05.1996 Patentblatt 1996/18

(51) Int. Cl.⁶: **H01Q 19/17, H01Q 3/02**

(21) Anmeldenummer: **95115855.9**

(22) Anmeldetag: **09.10.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

(30) Priorität: **29.10.1994 DE 4438723**

(71) Anmelder: **Daimler-Benz Aerospace
Aktiengesellschaft
D-81663 München (DE)**

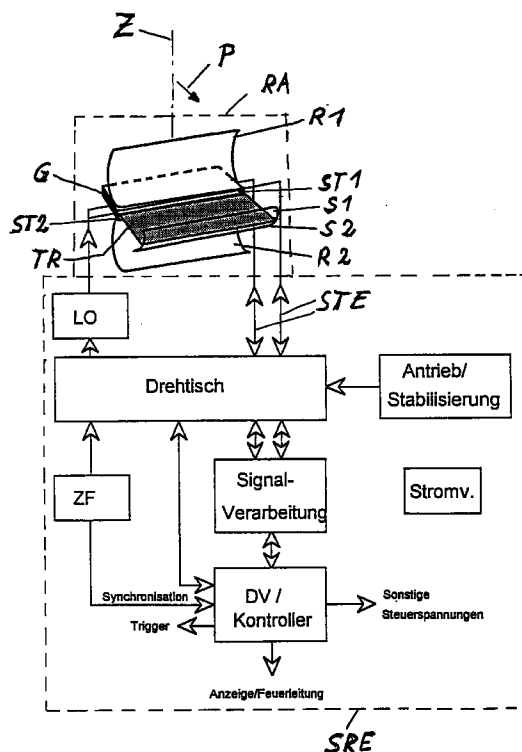
(72) Erfinder:

- **Grüner, Wilhelm, Dr.-Ing.
D-89075 Ulm (DE)**
- **Liem, Tiang-Gwan, Dipl.-Ing.
D-89081 Ulm (DE)**

(74) Vertreter: **Fröhling, Werner, Dr.
Daimler-Benz Aerospace AG,
Wörthstrasse 85
D-89077 Ulm (DE)**

(54) Transportable Radaranlage

(57) Die Erfindung betrifft eine transportable Radaranlage insbesondere für das Ka-Band. Dabei sind mindestens zwei Antennen bezüglich der Azimut-Achse übereinander angeordnet und gemeinsam um diese drehbar. Eine solche Antennenanordnung ermöglicht sehr unterschiedliche Betriebsarten, insbesondere zur Überwachung eines Gebietes und zur Verfolgung eines Zieles.



EP 0 709 915 A1

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer transportablen Radaranlage nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

In vielen Anwendungsfällen des zivilen und militärischen Bereiches sind transportable Radaranlagen erforderlich, die schnell einsetzbar sind.

Im zivilen Bereich sind beispielsweise Flughäfen vorhanden, die lediglich gelegentlich und/oder unterschiedlicher Intensität genutzt werden. Dieses sind beispielsweise Regional- oder Sportflugplätze, bei denen lediglich anlässlich bestimmter Zeiten, z.B. an Wochenenden, bei Veranstaltungen sowie bei der Entlastung eines benachbarten Flughafens, ein intensiver Flugverkehr vorhanden ist, welcher mittels einer Radaranlage überwacht werden muß. Ähnliche Verhältnisse treten beispielsweise im Schiffsverkehr auf, z.B. bei der Überwachung von Schifffahrtswegen und/oder Hafenanlagen sowie bei der Überwachung erdgebundener Verkehrsmittel, beispielsweise bei der Überwachung des sogenannten rollenden Verkehrs auf dem Vorfeld eines Großflughafens.

Bei derartigen Anwendungsfällen ist insbesondere beim Ausfall einer an sich vorhandenen Radar-Überwachungsanlage eine schnell einsetzbare und zuverlässige Ersatz-Radaranlage erforderlich.

Im militärischen Bereich sind ähnlich gelagerte Überwachungsaufgaben vorhanden. Zusätzlich dazu ist es erforderlich, einzelne hochwertige Objekte, z.B. eine Fahrzeugkolonne oder einen einzelnen Panzer zu schützen, insbesondere vor Angriffen aus dem Luftraum.

Für derartige zivile sowie militärische Überwachungsaufgaben sind Radaranlagen geeignet, welche eine phasengesteuerte Antenne besitzen. Letztere ist aus mehreren Sende- und/oder Empfangsstrahlerelementen aufgebaut. Diese können mit Hilfe von Phasestellgliedern so angesteuert werden, daß unterschiedliche Keulenformen (Richtdiagramme) der Sende- und/oder Empfangskeulen einstellbar sind, und daß letztere in einem vorgebbaren räumlichen Bereich schnell geschwenkt werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Radaranlage anzugeben, die räumlich klein ist, die mechanisch robust herstellbar ist und die in mehreren Betriebsarten betreibbar ist, so daß eine Vielzahl von Überwachungs und/oder Steuerungsaufgaben ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den weiteren Ansprüchen entnehmbar.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß eine Antennenanordnung verwendet wird, die ein sogenanntes aktives Frontend besitzt und die beispielsweise auf dem Dach eines Personenkraftwagens, vorzugsweise einem geländegängigen Wagen, befestigt werden kann.

Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß die für das Frontend erforderlichen Steuer- sowie Auswerteschaltungen räumlich so klein herstellbar sind, daß diese insgesamt beispielsweise in einem derzeit üblichen 19-Zoll-Gehäuseeinschub angeordnet werden können.

Ein dritter Vorteil besteht darin, daß lediglich eine Energieversorgung mit einer geringen (Dauer-) Leistung erforderlich ist, so daß beispielsweise die in einem Kraftfahrzeug vorhandene Batterie-Lichtmaschinen-Anlage ausreichend ist.

Ein vierter Vorteil besteht darin, daß die Sende-/Empfangskeulen mechanisch und/oder elektrisch geschwenkt werden können, so daß die Radaranlage zumindest in den Betriebsarten: Suchen im OLPI-Modus, Suchen im Pulsdoppler-Modus sowie den Track-Modus verwendbar ist.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf eine schematisch dargestellte Figur näher erläutert.

Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Radaranlage, die insbesondere auf einem geländegängigen Personenkraftwagen oder einem gepanzerten militärischen Fahrzeug betrieben werden kann, und die zur Überwachung des Luftraumes geeignet ist. Es ist eine maximale Reichweite von ungefährkm vorhanden, und es wird das Ka-Band (35 GHz) als Sende-/Empfangsfrequenz verwendet. Das gesamte Frontend (Antennenanordnung), das nachfolgend noch näher erläutert wird, kann beispielsweise in einem kreiszylinderförmigen Radom mit einem Innendurchmesser von ungefähr 200 mm und einer Innenhöhe von ungefähr 400 mm angeordnet werden. Die Längsachse (Zylinderachse) dieses Radoms wird im folgenden auch Azimut-Achse genannt, um welche eine mechanische sowie eine elektrische (Azimut-) Schwenkbewegung der Richtdiagramme (Keulen) möglich ist. Eine die Zylinderachse (Drehachse) enthaltende Ebene wird auch Elevationsebene genannt.

Die Figur zeigt eine perspektivische schematische Darstellung einer Radarantenne RA, die innerhalb des Radoms um dessen Zylinderachse Z mechanisch drehbar angeordnet ist. Diese mechanische Drehbewegung erfolgt beispielsweise mit einem ebenfalls in dem Radom angeordneten Drehtisch, der in der Figur lediglich als Blockbild dargestellt ist. Bei der Radarantenne RA besitzen deren Keulen bezüglich der Azimutebene eine Haupt-Azimutrichtung, die als Pfeil P dargestellt ist. Die Radarantenne RA enthält eine Kombination von zwei im wesentlichen gleich aufgebauten Antennenanordnungen ST1, S1, R1 sowie ST2, S2, R2, die zwar mechanisch fest gekoppelt sind, und dieselbe durch den Pfeil P dargestellte Hauptazimutrichtung besitzen, aber ansonsten elektrisch unabhängig voneinander steuerbar sind. Bei dem vorliegenden Beispiel ist die obere Anordnung ST1, S1, R1 als Sende-/Empfangsantenne ausgebildet, während die untere Anordnung ST2, S2, R2 lediglich eine Empfangsantenne ist. Die zu jeder Anten-

nenanordnung gehörenden Strahlerelemente ST1 beziehungsweise ST2 sind jeweils zeilenförmig (linienförmig) angeordnet. Dabei gehören zu jeder Antennenanordnung beispielsweise 32 Strahlerelemente, die einen Abstand von λ besitzen, wobei λ die zu der Sende-/Empfangsfrequenz gehörende Wellenlänge ist. Jedes Strahlerelement ist unmittelbar an einem zugehörigen Sende-/Empfangsmodul (T/R-Modul) gekoppelt. Alle T/R-Module sind in einem gemeinsamen Gehäuse G angeordnet. Zwischen den sich ergebenden zwei Zeilen der Strahlerelemente ST1, ST2 ist ein elektrisch leitendes Trennelement TR angeordnet, an welchem Hilfsreflektoren S1, S2 befestigt sind. Die Antennenanordnungen sind als Cassegrain-Anordnungen aufgebaut, bestehend aus Strahlerelementen ST1, ST2, Hilfsreflektoren S1, S2 sowie Hauptreflektoren R1, R2. Diese sind zylinderförmig, wobei die beiden zugehörigen Zylinderachsen parallel zueinander und senkrecht zu der Drehachse Z angeordnet sind.

Die an einer Längsseite des Gehäuses G in zwei Zeilen (2 x 32 Strahlerelemente) angeordneten 64 Strahlerelemente sind alle horizontal polarisiert, das heißt, die elektrische Polarisationsrichtung ist parallel zu der durch das Trennelement TR definierten Ebene. In dem Gehäuse G ist hinter jedem Strahlerelement ein zugehöriger Modul angeordnet, das heißt Sende-/Empfangsmodule (T/R-Module) für die obere Antennenanordnung ST1, S1, R1 und Empfangsmodul (R-Module) für die untere Antennenanordnung ST2, S2, R2. Jeder Modul enthält in integrierter Technik die in der Radartechnik üblichen Bauelemente.

Jeder T/R-Modul enthält daher eine dem Strahlerelement unmittelbar folgende Sende-/Empfangsweiche (Zirkulator) sowie daran angeschlossene Sende- und Empfangszweige. Die enthalten einen regelbaren Phasenschieber, eine Sende-Verstärkerkette (Reihenschaltung mehrerer Verstärker), einen rauscharmen (Empfangs-) Verstärker (LNA = Low Noise Amplifier) und entsprechende Sende-/Empfangsumschalter (SPDT-Schalter). Mit den T/R-Modulen gekoppelt ist noch ein sogenannter T/R-Modulkontroller, mit dem insbesondere die Phasenschieber eingestellt werden sowie die Sende-/Empfangsumschalter. Die Funktion des T/R-Modulkontrollers wird nachfolgend noch näher erläutert.

Jeder Empfangsmodul enthält lediglich einen Empfangszweig, bestehend aus einem LNA, einem regelbaren Phasenschieber, einem Mischer und einem diesem nachgeschalteten Analog/Digital-Wandler (A/D-Wandler). Alle Empfangsmodule werden ebenfalls von einem Modulkontroller gesteuert, der insbesondere die Phasenschieber einstellt.

Einem Radarfachmann ist geläufig, daß einer derartigen Radarantenne RA, die auch als aktives Frontend bezeichnet wird, lediglich wenige zusätzliche Signalleitungen, die teilweise von den gewünschten Betriebsarten abhängen, zugeleitet werden müssen. Die Signalleitungen sind in der Figur mit LO (Lokaler Oszillator) und STE (bidirektionale Steuerleitungen) bezeichnet.

Mit der beschriebenen Radarantenne sind folgende Betriebsarten möglich.

1. OLPI-Modus (Omnidirectional Low Probability of Intercept).

Dieses ist ein Rundsuch-Verfahren mit einer sich mechanisch um die Drehachse Z drehenden Radarantenne. Es wird mit einem CW (Continuous Wave) - oder FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) - oder FMICW (Frequency Modulated Interrupted Continuous Wave) - Sendesignal gearbeitet sowie mit einem Azimut-Empfangsdiagramm, das keine Elevationsauswertung ermöglicht. Da eine niedrige Sendeleistung, z.B. 25 W und ein im Azimut breites Sende(Richt-) Diagramm, z.B. mit einem Winkelsektor von 100 °, verwendet werden kann, arbeitet das Radar mit einer niedrigen Strahlungsleistung (ERP = Effective Radiated Power), so daß einerseits von dem Radar keine Störung ausgeht, beispielsweise für andere empfindliche elektronische Systeme, das heißt, es ist eine gute elektromagnetische Verträglichkeit vorhanden. Das Radar ist aber andererseits schlecht detektierbar, beispielsweise von einem Radar-Warnempfänger. Das Azimut-Empfangsdiagramm besitzt eine Vielzahl von Empfangskeulen (Multibeam), beispielsweise 32 Keulen mit einer Azimutbreite von 3 °. Diese werden für die untere Antennenanordnung ST2, S2, R2 mittels einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) beispielsweise in Form einer digitalen Buttlar Matrix im digitalen Bereich erzeugt.

In diesem Modus wird eine reine Dopplerauswertung (Auswertung der Geschwindigkeitsanteile) oder eine Dopplerauswertung mit zusätzlicher grober Entfernungsauflösung, z.B. mit einer Genauigkeit von ± 20 m, durchgeführt. In beiden Fällen ist aufgrund der Multibeam-Struktur der Empfangsantenne eine azimutale Zielwinkelbestimmung möglich. In diesem Modus ist beispielsweise eine Hubschraubererkennung möglich, aufgrund des diese kennzeichnenden Rotorkopf- und/oder Rotorblatt-Dopplerspektrums.

2. Pulsdoppler-Modus.

Dieses ist ebenfalls ein Rundsuch-Verfahren mit einer sich mechanisch um die Drehachse Z drehenden Radarantenne. Es wird mit im Azimut beweglichen Sende- sowie Empfangskeulen gearbeitet. Empfangen wird mit zwei in der Elevationsrichtung unterschiedlichen Empfangs-Antennenkeulen, damit der Elevationswinkel (Zielhöhe) eines Radar-Zieles bestimmt werden kann. Dabei wird in Elevationsrichtung beispielsweise eine Genauigkeit von $\pm 0,2$ ° erreicht. Wird ein Mopuls-Verfahren angewandt, so kann der Azimutwinkel eines Radarzieles genau bestimmt werden, beispielsweise mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ °. In diesem Modus ist eine Entfernungsmessung möglich, mittels in der Radartechnik an sich bekannter Methoden. In diesem Modus ist ebenfalls eine Auswertung von Dopplerspektren, bei-

spielsweise Rotorkopfspektren von Hubschraubern, möglich.

3. Track-Modus (Spurverfolgung, Verfolgung des Flugweges).

Dieser Modus ist lediglich während des Pulsdopp-
lerbetriebes möglich, allerdings bei mechanisch unbe-
wegter Radarantenne. In diesem Modus werden die für
die Verfolgung eines Radarzieles nötigen Winkelbewe-
gungen der Sende-/Empfangsrichtdiagramme vollelek-
tronisch gesteuert durch Änderung der
Phasenbeziehungen der Sende- sowie Empfangs-
Strahlerelemente. Es ist beispielsweise möglich, inner-
halb eines (Azimut-) Winkelsektors von 120 ° mehrere
Radarziele gleichzeitig zu verfolgen und zu vermessen.
Dieses erfolgt mit einer hohen Datenrate, so daß bei-
spielsweise Geschosse detektier- und verfolgbar sind.
Dabei erfolgt die Bestimmung des Azimutwinkels durch
das an sich bekannte Monopulsverfahren. Die Bestim-
mung des Elevationswinkels erfolgt mittels eines Ampli-
tuden- und Phasenvergleichs der Signale aus den
Empfangskeulen der beiden Antennenanordnungen
ST1, S1, R1 sowie ST2, S2, R2. In diesem Modus sind
so hohe Meßgenauigkeiten für die Entfernung, z.B. ± 20
m, den Azimutwinkel, z.B. $\pm 0,1^\circ$, und den Elevations-
winkel, z.B. $\pm 0,2^\circ$, erreichbar, daß das Radar Steue-
rungssignale abgeben kann, beispielsweise für die
Steuerung eines Geschützes.

Es ist ersichtlich, daß die für eine derartige Radar-
anlage erforderliche Steuer- und Regeleinrichtung SRE
von den vorstehend erwähnten Betriebsarten abhängt.
In der Figur ist daher lediglich ein Blockbild dargestellt.
Dabei bezeichnet LO einen lokalen Oszillator für die
Sende-/Empfangsbetriebsarten; Antrieb/Stabilisierung
ist eine Antrieb/Stabilisierung ist eine Antriebs- und/oder
Stabilisierungsschaltung zum Betrieb des elektrome-
chanisch gesteuerten Drehtisches. Der Block Signalver-
arbeitung beinhaltet die in der Radartechnik übliche
Signalverarbeitung für die angegebenen Betriebsarten.
Der Block DV/Kontroller enthält die entsprechende digi-
tale Signalverarbeitung. Der Block ZF bezeichnet die
Signalverarbeitung im ZF-Bereich (Zwischenfrequenz-
Bereich). Der Block Stromv. enthält die erforderliche
Strom- sowie Spannungsversorgungseinrichtungen.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Aus-
führungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf
weitere anwendbar. Beispielsweise ist es möglich, die
Radaranlage als eine Art Not- und/oder Ersatzradaran-
lage zu verwenden, beispielsweise zum schnellen
Ersatz einer defekten stationären Radaranlage.

Weiterhin ist es möglich, die Antennenanordnungen
zu ändern, beispielsweise dadurch, daß die Hilfsreflek-
toren S1, S2 weggelassen werden und statt dessen dort
das Gehäuse G angeordnet wird. Dabei werden die zeilen-
förmig angeordneten Strahlerelemente ST1, ST2 den
Reflektoren R1, R2 zugewandt. Außerdem ist es mög-
lich, statt der zeilenförmig angeordneten Strahlerele-
mente ST1, ST2 eine matrixförmige Anordnung zu

wählen. Damit ist vorteilhafterweise eine schnelle Über-
wachung sowohl in Azimut- als auch in Elevationsrich-
tung möglich.

5 Patentansprüche

1. Transportable Radaranlage zur Überwachung eines
Gebietes, wobei die Radaranlage eine aktive pha-
sengesteuerte Sende-/Empfangsantenne besitzt,
dadurch gekennzeichnet,

- daß eine Kombination aus mindestens zwei
mechanisch gekoppelten Antennenanordnun-
gen (ST1, S1, R1; ST2, S2, R2) vorhanden ist,
- daß die Kombination um eine Drehachse dreh-
bar (Z) angeordnet ist,
- daß jede Antennenanordnung zumindest einen
Reflektor (R1, R2) sowie eine zugehörige Strah-
lerzeile (ST1, ST2) besitzt,
- daß jede Strahlerzeile (ST1, ST2) aus einzel-
nen Strahlerelementen mit angekoppelten
Steuermodulen besteht,
- daß die Strahlerzeilen (ST1, ST2) in einem
gemeinsamen Gehäuse (G) angeordnet sind,
- daß die Strahlerzeilen (ST1, ST2) zueinander
parallel und senkrecht zu der Drehachse (Z)
angeordnet sind,
- daß zumindest eine Antennenanordnung (ST1,
S1, R1) als Sende-/Empfangsantenne ausge-
bildet ist, und
- daß eine Steuer- sowie Regeleinrichtung (SRE)
zum Betreiben der Antennenanordnungen vor-
handen ist.

2. Radaranlage nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß zumindest eine Antennenanordnung
(ST1, S1, R1) als Cassegrain-Anordnung ausgebil-
det ist, bestehend aus einer Strahlerzeile (ST1),
einem Hilfsreflektor (S1) sowie dem Reflektor (R1).

3. Radaranlage nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, daß eine der Antennenan-
ordnungen (ST2, S2, R2) als reine Empfangsan-
tenne ausgebildet ist.

4. Radaranlage nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kom-
bination der Antennenanordnungen aus einer
Sende-/Empfangsantenne und einer Empfangsan-
tenne besteht, wobei die Empfangsantenne unter-
halb der Sende-/Empfangsantenne angeordnet ist,

und wobei beide Antennenanordnungen dieselbe Haupt-Azimutrichtung besitzen.

5. Radaranlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Reflektor (R1, R2) hohlzylinderförmig ausgebildet ist. 5
6. Radaranlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenanordnungen innerhalb eines Radoms angeordnet sind. 10
7. Radaranlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Verwendung im Ka-Band. 15
8. Radaranlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Verwendung in einem militärischen Fahrzeug zur Überwachung eines vorgebbaren Luft- raumes. 20
9. Radaranlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Verwendung im OLPI-Modus, im Pulsdoppler-Modus und/oder im Track-Modus. 25

30

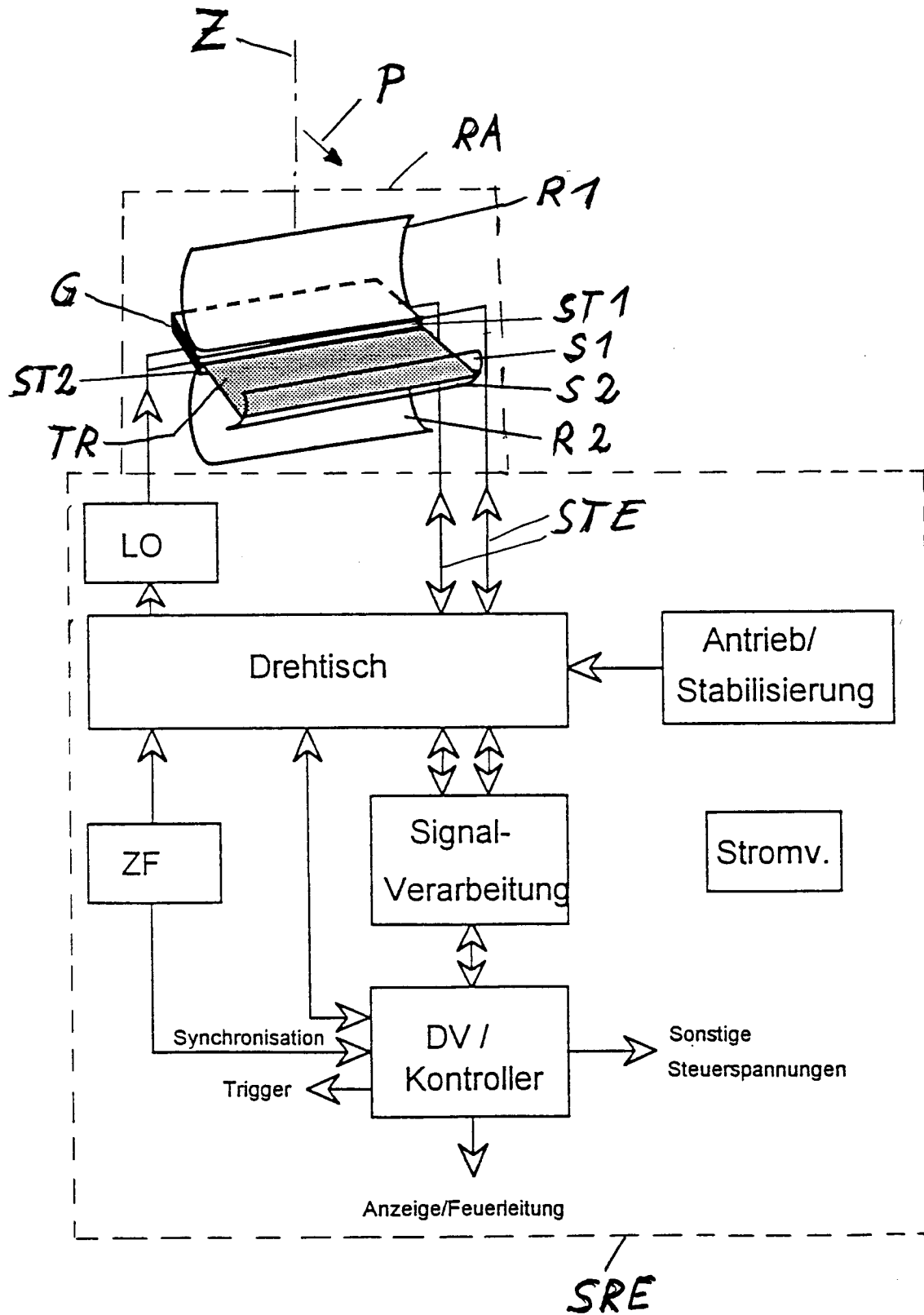
35

40

45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 5855

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
Y	GB-A-1 024 804 (RAYTHEON COMPANY) * Abbildung 4 * * Seite 3, Zeile 125 - Seite 4, Zeile 12 * ---	1,3,4	H01Q19/17 H01Q3/02
Y	US-A-2 825 900 (COLLBOHM) * Abbildungen 1,8 * * Spalte 6, Zeile 38 - Zeile 43 * ---	1,3,4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 228 (E-426) ,8.August 1986 & JP-A-61 062212 (NEC CORP.) 31.März 1986, * Zusammenfassung * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 449 (P-1275) ,14.November 1991 & JP-A-03 189582 (HITACHI LTD.) 19.August 1991, * Zusammenfassung * ---	1	
A	DE-C-27 20 055 (SIEMENS AG.) * das ganze Dokument * ---		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	3RD EUROPEAN CONFERENCE ON SATELLITE COMMUNICATIONS, 2. - 4.November 1993 U.K., Seiten 117-121, XP 000457986 DENSMORE ET AL. 'K and Ka-Band, satellite-tracking, small reflector vehicular antenna system for mobile satellite service ' * das ganze Dokument * -----	6,7	H01Q
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 25.Januar 1996	Prüfer Danielidis, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)