



(10) **DE 11 2015 001 807 B4** 2019.04.18

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 001 807.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/RS2015/000009**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/160272**
(86) PCT-Anmeldetag: **15.04.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.10.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **04.05.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.04.2019**

(51) Int Cl.: **G08B 21/06** (2006.01)
A61B 5/18 (2006.01)
B60K 28/06 (2006.01)
H01Q 1/32 (2006.01)
G01S 7/42 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P-2014/0182 **14.04.2014** **RS**

(73) Patentinhaber:
NovellC d.o.o., Belgrade, RS

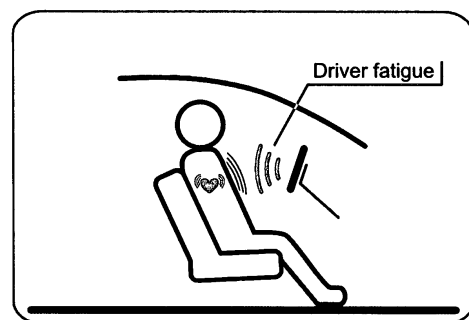
(74) Vertreter:
**Rumrich, Gabriele, Dipl.-Ing. Pat.-Ing., 09116
Chemnitz, DE**

(72) Erfinder:
**Grujic, Dusan, Belgrade, RS; Jovanovic, Pavle,
Belgrade, RS; Mihajlovic, Veljko, Belgrade, RS;
Savic, Milan, Belgrade, RS; Tasovac, Darko,
Belgrade, RS; Brankovic, Veselin, Dr., 73733
Esslingen, DE**

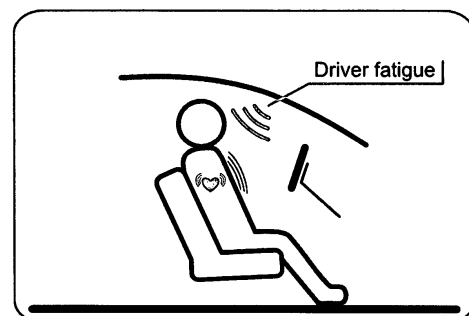
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **MM-Wellen-Fahrer-Ermüdungs-Detektions-Vorrichtung und Arbeitsweise**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart einen Millimeterwellen-Radarsensor, der in Fahrzeugen zur Erkennung von Fahrermüdigkeit einzusetzen ist. Die wesentlichen systemrelevanten Komponenten sind die Verwendung eines integrierten Millimeterwellenradars mit einer spezifischen hochverstärkenden Flachantennenstrahlungscharakteristik durch Analysieren von wenigstens zwei wichtigen biometrischen Parametern des Fahrers gleichzeitig: Herzschlag- und Atemdynamik. Das Betriebsverfahren berechnet die Wahrscheinlichkeit des Müdigkeitsereignisses. In dem Fall, dass die Wahrscheinlichkeit über einem vordefinierten Schwellenwert liegt, wird eine Interaktion mit dem Fahrzeugsteuersystem unter Verwendung typischer beliebiger Fahrzeugschnittstellen ausgelöst. Entsprechende vordefinierte Aktionen werden in diesem Fall durchgeführt. Die vordefinierten Aktionen könnten eines oder eine Kombination des Folgenden sein: Ziehen am Sicherheitsgurt des Fahrers, Audiosignalarime an den Fahrer, Vibrationsalarm an den Fahrer, Änderungen der Beleuchtungsbedingungen im Innenraum, Veränderung der Motorbetriebsbedingungen, entsprechende Mitteilung über beliebige drahtlose Mittel an die äußere Fahrzeugumgebung. Gegebenenfalls verwendet das System zusätzliche vom Fahrer festgelegte Parameter wie Beschleunigungssensorinformationen. Vorzugsweise verwendet das System ein integriertes Radareingangsteil mit 60 GHz oder 77-79 GHz, das in einem Doppler-Betriebsmodus arbeitet, mit 4 × 4 flachen Sende- ...



Vorrichtung am Lenkrad



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2009 046 913	A1
DE	10 2011 104 203	A1
DE	10 2011 113 100	A1
DE	10 2012 000 629	A1
DE	10 2012 013 549	A1
US	6 661 345	B1
US	8 285 372	B2
US	2003 / 0 201 894	A1
US	2005 / 0 073 424	A1
US	2008 / 0 074 618	A1
US	2010 / 0 234 741	A1
US	2012 / 0 265 080	A1
US	2013 / 0 166 217	A1
WO	2013/ 076 018	A1
CN	103 230 270	A
CN	102 509 419	B

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Fahrermüdigkeitssensor- und Entscheidungsvorrichtung, umfassend ein Millimeterwellenradar mit hochverstärkenden Flachantennensystemen, die aus einer gleichzeitigen Verarbeitung von sowohl der menschlichen Herzschlag- als auch Atemdynamik gewonnene Informationen nutzt.

Stand der Technik

[0002] Die Müdigkeit von Fahrern stellt eine erhebliche Gefahr in der heutigen Verkehrssicherheit dar. Vorsichtigen Schätzungen der US-Bundesbehörde für Verkehrssicherheit (NHTSA) zufolge sind in den USA jährlich 100.000 polizeilich erfasste Unfälle direkt auf eine Ermüdung des Fahrers zurückzuführen. Es wird geschätzt, dass dies jedes Jahr 1.550 Todesfälle, 71.000 Verletzungen und einen finanziellen Schaden von 12,5 Milliarden US-Dollar zur Folge hat. Mittel zur Vorhersage der Fahrermüdigkeit sind von wesentlicher Bedeutung dafür, den Verlust von Menschenleben, Verletzungen und schließlich wirtschaftliche Schäden zu verringern. Derzeit wird mit viel Aufwand an verschiedenen Techniken und Ansätzen gearbeitet, um die technischen Lösungen bereitzustellen, welche die Funktionsfähigkeit zur Erkennung der Fahrermüdigkeit erfüllen müssen, praktisch in der Anwendung sind, in das Fahrzeug integriert werden können und schließlich kostengünstig und kompakt genug sind, um von der Automobilindustrie praktisch eingesetzt zu werden.

[0003] Der Stand der Technik unterscheidet zwischen grundlegenden Ansätzen: Beurteilung des Fahrerverhaltens im Fahrzeug, wie z. B. der Bewegung der Hände des Fahrers am Lenkrad, Analyse des Verhaltens des Fahrzeugführers, Analyse des physiologischen Zustands des Fahrers und schließlich Kombination aus den obengenannten Prinzipien. In vielen wissenschaftlichen Arbeiten aus den vergangenen beiden Jahrzehnten wurden EKG-Signale für Untersuchungen zur Fahrermüdigkeit verwendet. Durch eine Erforschung des Schlafverhaltens wurde wissenschaftlich bestätigt, dass die Atemfrequenz als Biomarker zur wahrscheinlichkeitbasierten Erkennung der Fahrermüdigkeit verwendet werden kann. In den meisten Fällen beinhalteten diese Untersuchungen EKG-Vorrichtungen auf menschlicher Haut und ein gesondertes kompliziertes Atemmesssystem am Kopf des Menschen. Ferner wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Artikeln veröffentlicht, dass Mikrowellen-Radarsensoren im Frequenzbereich von 3-30 GHz zur Erkennung der Vitalparameter verwendet werden können. Insbesondere wurde öffentlich von Anzeigevorrichtungen für Vitalparameter mit 2,4, 3-10, 24 und 60 GHz berichtet.

[0004] Die folgenden Patente und Patentanmeldungen, die in den letzten Jahren veröffentlicht worden sind, veranschaulichen die Relevanz des Themas und den Stand der Technik.

Die jüngere Anmeldung US 2013/0166217 A1, „Method and Device for fatigue detection“ [Verfahren und Vorrichtung zur Müdigkeitserkennung], kombiniert die Helligkeit der Umgebung und Aktivität des Fahrers, um zu den Informationen über Müdigkeit zu gelangen.

US 2008/0074618 A1, „Fatigue detection using encoded light signals“ [Müdigkeitserkennung unter Verwendung codierter Lichtsignale], richtet sich auf die Augenlidbewegung des Fahrers, um zu Informationen über Müdigkeit zu gelangen.

US 2012/0265080 A1, „Non-contact sensing of physiological signals“ [Kontaktfreie Messung physiologischer Signale], richtet sich auf die Bewegung des Körpers mittels kontaktfreier Mittel, um zu Informationen über Müdigkeit zu gelangen. Die Elektrode ist dazu ausgestaltet, elektrische Signale von einer Körperoberfläche eines Individuums zu erfassen, ohne die Körperoberfläche des Individuums direkt zu berühren (z. B. durch kapazitive Kopplung).

US 8285372 B2, „Alertness/drowsiness and cognitive index“ [Index für Aufmerksamkeit/Schlafträgheit und kognitive Leistungsfähigkeit], richtet sich auf ein Betriebsverfahren zur Erkennung von Fahrermüdigkeit unter Verwendung von EEG-Signalen des Individuums.

DE 102012000629 A1, „Verfahren, Vorrichtung und Mobilgerät zur Müdigkeitserkennung eines Fahrers eines Fahrzeugs“, von Volkswagen richtet sich auf die Verwendung von Mobilgeräten, welche die Müdigkeit des Fahrers erkennen.

DE 102011104203 A1, „Vorrichtung und Verfahren zur Müdigkeitserkennung eines Fahrers eines Kraftfahrzeugs“, von General Motors richtet sich auf die Verarbeitung der Informationen eines Gewichtssensors, der in den Fahrersitz eingebaut ist.

DE 102009046913 A1, „Verfahren und Steuergerät zur Müdigkeitserkennung“, der Robert Bosch GmbH beinhaltet das Beurteilen von Informationen über Lenkbewegungen und Umgebungsinformationen zum Bestimmen, ob die Informationen über Lenkbewegungen auf eine Müdigkeit des Fahrers hindeuten.

DE 102012013549 A1, „Verfahren zur Ermittlung eines Fahrerzustandes eines Fahrers eines Fahrzeuges“, zieht die Videotechnik zum Erhalt von Informationen über die Müdigkeit eines Fahrers in Betracht.

CN 103230270 A, „Capacitor electrode for detecting electrocardiogram signals of mo-

torist“ [Kondensatorelektrode zur Erfassung von Elektrokardiogrammsignalen eines Kraftfahrers], nutzt den Kontakt eines Fahrers mit dem Lenkrad, sodass der Kondensatorelektroden-EKG-Sensor die Müdigkeitsinformationen erfassen kann.

DE 10201113100 A1, „Verfahren zur Detektion ballistokardiogener und/oder atmungsbedingter Bewegungen einer auf einem Kraftfahrzeugsitz sich befindenden Person sowie Messanordnung zur Durchführung des Verfahrens“, von Volkswagen beinhaltet einen ballistographischen Sensor zur Detektion ballistokardiogener oder atmungsbedingter Bewegungen einer Person, wobei der Sensor in den Fahrersitz integriert ist. Dies wird mit der Sitzbelegungserkennung kombiniert.

WO 2013076018 A1, „Detection of vital parameters by means of an optical sensor on the steering wheel“ [Erfassung von Vitalparametern mit einem optischen Sensor am Lenkrad], richtet sich auf eine Erfassungsvorrichtung zum Erfassen zumindest eines Vitalparameters einer Person in einem Kraftfahrzeug mit einem Lenkrad, umfassend eine Fingersensoreinrichtung mit einer optischen Sensorvorrichtung, um die Müdigkeit des Fahrers zu bestimmen.

CN 102509419 B, „Wireless driver fatigue monitoring device“ [Drahtlose Vorrichtung zur Überwachung von Fahrermüdigkeit], ist veröffentlicht worden und offenbart eine drahtlose Vorrichtung zur Überwachung von Fahrermüdigkeit, umfassend Mikrowellen-Signalübertragung zur Erfassung von Atembedingungen des Fahrers unter Verwendung von 24-GHz-Funk. Das System analysiert die Atmung des Fahrers mittels eines Funksignals und wandelt dieses dann in eine Atemfrequenz um. Diese Information wird mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen, um die Müdigkeit zu bestimmen.

Eine weitere Möglichkeit der Müdigkeitsüberwachung ist aus der Druckschrift US 2010/0234741 A1 bekannt. Dabei werden Atmung und Herzsignale überwacht und mittels einer Steuerung ausgewertet.

Die Druckschrift US 2005/0073424 A1 beschreibt eine sensorgestützte Überwachung der Position und Bewegung eines Körpers. Dabei werden die Atmung und Herzschlag überwacht.

Weitere Überwachungssysteme bezüglich des Zustandes eines Fahrers in einem Kraftfahrzeug sind aus den Druckschriften US 2003/0201894 A1 und US 6 661 345 B1 bekannt. Aufgabe der Erfindung ist eine Fahrerermüdungs-Detektions-Vorrichtung und ein zu-

gehöriges Verfahren zu entwickeln, mittels dessen die Müdigkeit eines Fahrers mit einer hohen Genauigkeit erfasst wird und geeignete Gegenmaßnahmen einleitbar sind.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0005] Diese Erfindung schlägt eine Vorrichtung **100** und ein Betriebsverfahren zum Erkennen von Fahrermüdigkeit und Einleiten der entsprechenden Aktionen zur Verbesserung der Sicherheit vor.

[0006] Die wesentlichen systemrelevanten Komponenten der vorgeschlagenen Vorrichtung **100** sind:

- Hochverstärkendes Flachantennensystem, das durch eine Mehrzahl an Techniken ausgebildet sein kann, wobei jeder der Sende- **21** und Empfangsteile **22** mehr als ein Antennenstrahlungselement und ein Strahlungsdiagramm in Richtung des Fahrers aufweist;
- Millimeterwellenradar mit integriertem Eingangsteil auf Silizium **10**, Ein-Chip-System, das eine analoge Verarbeitung des Millimeterwellensignals bereitstellt, und die Bereitstellung der Analog-Digital-Umwandlungsfunktionalität;
- Digitale Signalverarbeitungsfunktionalität **40** mit standardisierter physisch-digitaler Fahrzeugschnittstelle **60** mit einer Mehrzahl an Umsetzungsmöglichkeiten;
- Mechanische Anordnung mit einer Stromversorgungsschnittstelle zur Stromversorgungsinfrastruktur des Fahrzeugs, die eine mechanisch integrierte Antenne sowie digitale und analoge Funktionalitäten enthält, eine mechanische Verbindung zur Fahrzeugkarosserie aufweist und bevorzugt gegenüber dem Fahrer in der Mitte des Lenkrads oder am Fahrzeugdach über dem Gesichtsfeld des Fahrers angeordnet ist;
- Hilfsschaltungen **50** können als Teil der Vorrichtung **100** Funktionalitäten wie Lautsprecher und Lichtwarnquelle mit einer Mehrzahl an Umsetzungsoptionen umfassen.

[0007] Das Millimeterwellen-Eingangsteil arbeitet bevorzugt im 60-GHz-ISM-Band. Die Verwendung der Millimeterwellen-Frequenzbänder von 77-79 GHz oder höherer Millimeterwellen-ISM-Bänder wird ebenfalls vorgeschlagen. Die Empfangs- und Sendantennen weisen bevorzugt 4 × 4 Elemente auf, um dem Kompromiss zwischen der Antennengröße, die Auswirkungen auf die Kosten des Systems und seine Integration in die Fahrzeugumgebung hat, und dem Erhalt des schmalen Antennenstrahls gerecht zu werden.

[0008] Der schmale Antennenstrahl, der mit einem expliziten hochverstärkenden Antennenansatz verbunden ist, stellt ein wesentliches Merkmal des Sys-

tems dar und schränkt die Wahrscheinlichkeit ein, dass die biometrischen Daten, d. h. Herzschlag oder Atmung, der in der Nähe des Fahrers sitzenden Person erfasst werden. Hierbei handelt es sich um einen der wesentlichen innovativen Ansätze, da sich dadurch die Komplexität der digitalen Verarbeitung erheblich verringert, womit eine einfache und kostengünstige Vorrichtung bereitgestellt wird. Ferner ist dies ein wesentlicher systembezogener Faktor, der die Verwendung von Millimeterwellen-Signalen zur Erkennung von Fahrermüdigkeit verlangt, wohingegen im Stand der Technik Mikrowellen-Frequenzbänder mit 3-30 GHz genutzt werden.

[0009] Die Verwendung eines Millimeterwellen-Frequenzbands, bevorzugt des 60-GHz-ISM-Bands, würde drei wichtige Vorteile im Vergleich zum Ansatz mit 24-GHz-ISM-Band ermöglichen, der in CN 102509419 B vorgeschlagen wird:

- Die Möglichkeit, die hochverstärkenden Antennensysteme in kleineren Abmessungen auszuführen, was bedeutet, dass bei den gleichen Strahlungscharakteristiken eine 6-mal kleinere Antennenfläche benötigt wird. Dadurch verringern sich die Kosten und wird die Kompaktheit stark verbessert, was die praktische Anwendung des in CN 102509419 B vorgeschlagenen Systems nahezu ausschließt.
- Der Vorteil der vorgeschlagenen Neuerung besteht darin, dass sich durch die Verwendung der höheren Frequenz die Auflösung der Zielmikrobewegungen, in diesem Fall der Herzschlag- und Atemdynamik eines menschlichen Körpers, erhöht. Das vorgeschlagene System stellt eine zumindest um das 3-Fache bessere Auflösung bereit als CN 102509419 B. Überdies kann die Mikrobewegung mit erhöhter Genauigkeit analysiert werden, wenn die IQ-Ausgänge verfügbar sind, wie vorgeschlagen.
- Der Vorteil der vorgeschlagenen Neuerung besteht darin, dass die Millimeterwellen-Frequenzbandsignale bei Anwendungen, die für Menschen reizend sind, die menschliche Haut nicht durchdringen. Die Eindringtiefe ist im Vergleich zum Mikrowellen-Frequenzband signifikant geringer, typischerweise um das 3-Fache flacher als im Fall des Stands der Technik in CN 102509419 B.

[0010] Die kleinere Modulgröße ermöglicht eine physische Integration in das Fahrzeuglenkrad, was einen weiteren Systemvorteil bietet, indem ein direkter Pfad zum Fahrer bereitgestellt und außerdem eine einfachere Herstellung ermöglicht wird. Beispielsweise könnten, wenn das im 24-GHz-Band arbeitende System aus dem Stand der Technik in das Lenkrad eingebaut werden würde, aufgrund der Größenbeschränkungen nur die weit ausstrahlenden Antennensysteme verwendet werden, die nur ein oder zwei

Strahlungselemente für Empfang und Senden umfassen. Dadurch wäre es möglich, dass das System Vitalparameter von den Personen in der Nähe des Fahrers „auffängt“.

[0011] Beim vorbekannten 24-GHz-Ansatz des Funksystems gemäß CN 102509419 B wird eine gemeinsame Antenne für den Sende- und Empfangsteil und die Verwendung von Zirkulatoren sowie Leistungskopplern in Betracht gezogen. Unser vorgeschlagenes Millimeterwellen-Radarsystem weist getrennte Sende- und Empfangsantennen auf. Dadurch wird das gesamte System stark vereinfacht und die Verwendung in der Fahrzeugumgebung möglich, wobei teure und unpraktische Elemente wie Zirkulatoren vermieden werden. Darüber hinaus verfügt die vorliegende Erfindung über einen innovativen Ansatz zur Integration kompletter HF-Funktionalitäten des Millimeterwellenradars (30-300 GHz) in ein Ein-Chip-System, einschließlich einer vollständigen Millimeterwellen-Frequenzsynthese, das mit einem fachüblichen Siliziumprozess hergestellt wird. Überdies nutzt die vorliegende Neuerung im Gegensatz zu CN 102509419 B eine digitale Signalverarbeitung, was einen signifikanten Systemvorteil durch die Verwendung einer einzigen digitalen Verarbeitungshardware zur gleichzeitigen Verarbeitung von sowohl Herzschlag- als auch Atemdynamik ermöglicht. Die in CN 102509419 B vorgeschlagene Topologie würde eine doppelte Komplexität der Verarbeitungshardware erfordern, um beide Biomarker zu verarbeiten, weist keine eigene Signalverarbeitungsfähigkeit zum Ausfiltern von Signalen aus zwei Quellen auf und kann keine konkreten Anpassungen bei Mittelungsverfahren hinzufügen, was zur individuellen Anpassung des Systems an die jeweilige Umgebung im Fahrzeuginnenraum erforderlich sein könnte.

[0012] Als ein wesentlicher innovativer Schritt analysiert das vorgeschlagene System im Gegensatz zum Stand der Technik beide Biomarker gleichzeitig, wodurch sich die Genauigkeit der Müdigkeitserkennung stark erhöht und sich die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms verringert.

[0013] Die vorgeschlagene Vorrichtung weist wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik in wenigstens einem der folgenden Merkmale auf:

- Es gibt keinen physischen Kontakt mit dem Fahrer oder der Kleidung des Fahrers.
- Das System funktioniert unabhängig von den Lichtbedingungen im Fahrzeuginnenraum.
- Das System ist an sich kostengünstig und ermöglicht eine vollständige Hardwarelösung im Bereich von unter 10 USD in großen Mengen.
- Das System ist kompakt mit einer geringen Eigendicke von typischerweise weniger als 1 cm, was eine einfache Integration ermöglicht, wo-

durch die Montagekosten bei der Fahrzeugherstellung sinken und ein Einsatz im Anschlussmarkt möglich ist.

- Das System analysiert zwei wesentliche Biomarker gleichzeitig: Herzschlag- und Atemdynamik, und weist damit eine höhere Genauigkeit beim Erkennen von Fahrermüdigkeit, d. h. geringe Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms, auf, was einen einzigartigen Vorteil gegenüber allen bekannten Lösungen zur Erkennung von Fahrermüdigkeit im Stand der Technik darstellt.

[0014] Das vorgeschlagene System kann je nach Antennenanordnung, Sendeleistung und Empfindlichkeit des Empfängers in einer Entfernung zwischen dem Fahrer und der Vorrichtung von mehreren Metern funktionieren. Die Sendeleistung ist jedoch auf das erforderliche Minimum reduziert, um einen minimalen Stromverbrauch, minimale Wärmeabgabe und minimalen Reflexionsclutter zu erreichen, wodurch sich digitale Verarbeitungsalgorithmen weiter vereinfachen und der Stromverbrauch und die Wärmeabgabe weiter verringern. Der digitale Teil weist eine typische CAN- und/oder LIN-Schnittstelle auf, was eine einfache Verbindung mit der Fahrzeuginfrastruktur ermöglicht. Der Einsatz einer drahtlosen Verbindung kurzer Reichweite mit dem Fahrzeugsystem **63** ist optional und für die Verwendung im Anschlussmarkt geeignet.

[0015] Die Vorrichtung **100** könnte ferner mit einer hochverstärkenden Flachantenne und Isolatorfunktionalität umgesetzt werden. Dadurch kann die Größe des Systems reduziert werden, jedoch erhöhen sich gleichzeitig die technischen Anforderungen an die Isolatorfunktionalität, was sich nur schwer auf kostengünstige und kompakte Weise umsetzen lässt.

[0016] Anstelle des Abwärtsmischers in der integrierten Millimeterwellen-Chipfunktionalität **10** kann der IQ-Demodulator eingebaut werden, der einige zusätzliche Funktionen bei der digitalen Signalverarbeitung bereitstellt.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt Anwendungsszenarien für die Vorrichtung in der Fahrzeugumgebung.

Fig. 2 zeigt ein Funktionsblockdiagramm der Vorrichtung.

Fig. 3 zeigt Funktionsblöcke zur digitalen Verarbeitung für die Vorrichtung.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm eines integrierten Millimeterwellen-Eingangsteils.

Fig. 5 zeigt Optionen für Empfangs- und Sendenantennensysteme mit **4** und **8** Dipolen.

Fig. 6 zeigt eine Anordnung von Antennenelementen und einen Chipanschluss an die Antennenspeiseanordnung.

Fig. 7 zeigt Funktionsblöcke zur Erkennung eines Fahrermüdigkeitsereignisses.

Fig. 8 zeigt eine bevorzugte 3D-Topologie eines integrierten Moduls auf Grundlage der Vorrichtung **100** in Drauf- und Seitenansicht mit Polymerintegrationsansatz.

Fig. 9a) zeigt ein Funktionsblockdiagramm der Vorrichtung mit einer hochverstärkenden Antenne für sowohl Sende- als auch Empfangs-Millimeterwellen-Funksignale, Isolatorfunktionalität und einem einzigen Mischer in der Millimeterwellen-Chipfunktionalität **10**.

Fig. 9b) zeigt ein Funktionsblockdiagramm der Vorrichtung mit einer hochverstärkenden Antenne für sowohl Sende- als auch Empfangs-Millimeterwellen-Funksignale, Isolatorfunktionalität und IQ-Demodulator in der Millimeterwellen-Chipfunktionalität **10**.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0017] Die Vorrichtung **100** ist bevorzugt in das Lenkrad des Fahrzeugs integriert, wie in **Fig. 1** dargestellt. Alternativ dazu ist die Vorrichtung **100** an der Fahrzeugkarosserie über dem Gesichtsfeld des Fahrers in Sichtverbindung zum Körper des Fahrers angebracht, wie in **Fig. 1** dargestellt. Aufgrund der vorteilhafterweise vorgeschlagenen Anwendung eines Millimeterwellenradars ist die Größe des hochverstärkenden Antennensystems für Empfang **21** und für Übertragung **22** klein genug, um einen praktischen Einsatz der Vorrichtung im Fahrzeuginnenraum zu ermöglichen, während die Merkmale einer hochverstärkenden Antenne beibehalten werden. Unter Berücksichtigung des vorgeschlagenen Betriebs im 60-GHz-ISM-Band oder alternativ dazu eines Betriebs bei 77-79 GHz und von 4×4 Antennenelementen für **21** und **22** kann die ungefähre Größe der Vorrichtung weniger als $4 \times 2 \times 1$ cm betragen, was an sich eine praktische Verwendung in Fahrzeuginnenräumen ermöglichen würde.

[0018] Der wesentliche Block der vorgeschlagenen Vorrichtung **100** ist das integrierte Millimeterwellen-Eingangsteil, Ein-Chip-System, **10**. Es enthält die gesamte HF-Funktionalität und umfasst eine Leistungsverstärkungsfunktionalität, die mit dem Antennensystem **22** verbunden ist, einen rauscharmen Verstärker (**LNA**), der mit dem Antennensystem **21** verbunden ist, eine integrierte **PLL**, die sowohl zum Aufwärtsmischen beim Senden und Abwärtsmischen beim Empfang verwendet wird, ein analoges vorgefiltertes und verstärktes Signal oder die Bereitstellung von zwei analogen vorgefilterten und verstärkten Signalen als IQ-Ausgänge zur A/D-Umwandlungsfunk-

tionalität **30**. Die Einheit **10** weist eine Testfunktionalität, Spannungsregelung und digitale Schnittstelle zur Steuerfunktionalität **41** auf, die Teil der digitalen Verarbeitungsfunktionalität **40** ist. Ein detaillierter Aufbau des integrierten Eingangsteils **10** ist in **Fig. 4** mit IQ-Ausgängen aufgeführt. Die Umsetzung mit einem Abwärtsmischer und einem Signalkonditionierungsteil, das Verstärkung und Filterung umfasst, würde weniger Platz in der Einheit **10** und damit weniger Kosten erfordern. Die Verwendung des integrierten Eingangsteils **10** ermöglicht es, dass das System kompakt ist und eine kostengünstige Montage aufweist, was den Einsatz im realen Produkt gestattet. Die Integration der kompletten Frequenzsynthese und vollständigen Analogfunktionalität in einem einzigen Chip ermöglicht eine erhebliche Kostensenkung, was bei den veröffentlichten Millimeterwellensystemen nicht der Fall ist. Die Einheit **10** wird vorzugsweise mittels SiGe-BiCMOS-Technik umgesetzt, die eine hohe Leistung bereitstellt. Alternativ dazu kann CMOS-Technik angewandt werden. Die A/D(Analog-Digital)-Umwandlungsfunktionalität **30** wandelt das konditionierte Analogsignal oder zwei Quadratursignale, **I** und **Q**, der Einheit **10** um und führt eine Digitaldarstellung des Signals bzw. der Signale der digitalen Verarbeitungsfunktionalität **40** zur weiteren Verarbeitung zu. Die Einheit **30** wird durch eine Mehrzahl von Umsetzungsoptionen mit einer Abtastfrequenz von typischerweise unter 1 MHz und einer Auflösung von typischerweise wenigstens 8 Bit für die Anwendungen zur Erkennung von Vitalparametern umgesetzt. Die Einheit **30** kann auf demselben Chip wie die Einheit **10** integriert sein. Die Einheit **30** kann auf demselben Chip wie die Einheit **40** integriert sein. Die Einheiten **40**, **10** und **30** können alle auf einem einzigen Chip integriert sein. Die Einheit **60** kann eine Schnittstelle zur Fahrzeuginfrastruktur unter Verwendung typischer kabelgebundener Fahrzeugschnittstellen wie einer CAN-Schnittstelle **61** und/oder einer LIN-Schnittstelle **62**, einer optionalen individuellen digitalen Schnittstelle **64** und einer optionalen Drahtlosschnittstelle **63** kurzer Reichweite bereitstellen. Eine Standardschnittstelle, vorzugsweise **CAN**, wird für sämtliche Anwendungen bevorzugt, bei denen die Vorrichtung während der Fertigung in das Fahrzeug integriert wird. Bei Anschlussmarktanwendungen kann die Drahtlosschnittstelle kurzer Reichweite, vorzugsweise Bluetooth, in die Einheit **60** integriert werden. Die Hilfschaltungen **50** schließen gegebenenfalls zusätzlichen Speicher, manuelle Schalter, Regelungsschaltungen für die Stromversorgung, mechanische Stützen und weitere Funktionalitäten ein, die zur einfachen Integration während der Herstellung oder später im Anschlussmarkt erforderlich sind. Die mechanische Stützstruktur zur Integration der gesamten Funktionalität wird vorzugsweise mittels fortschrittlicher Polymertechniken bereitgestellt. Die Einheit **50** kann gegebenenfalls Beschleunigungssensoren und Gyroskope enthalten, die bevorzugt mittels MEMS-

Techniken umgesetzt sind und der Einheit **40** zusätzliche Informationen über die Fahrzeugdynamik bereitstellen, die ebenfalls zur Erkennung von Fahrer-müdigkeit verwendet werden können. Ferner kann die Einheit **50** im Fall des Anschlussmarkteinsatzes gegebenenfalls eine Batterie, einen Lautsprecher oder Warnlichtquellen umfassen, die einen unabhängigen Betrieb ermöglichen.

[0019] Die digitale Verarbeitungsfunktionalität **40** kann durch eine Mehrzahl von Techniken umgesetzt sein, wie z. B.: fortschrittliche CPUs, FPGAs, fortschrittliche μ C, DSP oder ASIC oder Kombinationen davon, wobei die digitale Verarbeitung mittels „Soft“-Ansatz oder mit einem festverdrahteten Ansatz oder durch eine Kombination davon ausgeführt sein kann. Vorzugsweise sind die Funktionalitäten **60** und **40** auf einer einfachen ASIC mit einer CPU auf einem digitalen Ein-Chip-System integriert. Die digitale Verarbeitungsfunktionalität **40** umfasst die Funktionalitäten **41**, **421-429** und **70-71**, wie in **Fig. 3** beschrieben. Das Ziel besteht darin, eine abgesetzte und berührungslose Erkennung der Körperbewegungen des Fahrers durchzuführen. Wichtige Informationen sind die Mikrobewegungen des Körpers des Fahrers; daher kann der einfachste Ansatz wie etwa ein Doppler-Radarsystem angewandt werden. Die Einheit **10** sendet ein Millimeterwellen-CW-Signal über die Sendeantenneneinheit **22** in Richtung des Körpers des Fahrers. Das Funksignal mit Millimeterwellen-Frequenz dringt nicht durch die Kleidung und den menschlichen Körper. Herzschlag und Atmung erzeugen Mikrobewegungen. Gemäß dem Doppler-Effekt führen diese Bewegungen zu einer Frequenzmodulation des Funksignals, das von der Antenneneinheit **21** empfangen wird. Nach der Abwärtsmischung oder IQ-Demodulation, d. h. Mischen mit der Quadratur des gesendeten Signals, und anschließenden Filterung und Verstärkung, die in der Einheit **10** durchgeführt werden, wird/werden das bzw. die niederfrequente(n) Basisbandsignal(e) an die Einheit **30** bereitgestellt. Dieses Analogsignal oder diese zwei Analogsignale werden in entsprechende ein oder zwei digitale Ströme durch die Einheit **30** umgewandelt und der Einheit **40** zugeführt. In der Einheit **421** kann eine zusätzliche digitale Tiefpassfilterung erfolgen. Die Daten werden ferner an die Einheiten **422** und **423** bereitgestellt, die eine entsprechende digitale Bandpassfilterung durchführen, sodass die erwarteten Herzschlag- und Atemfrequenzen im Innenband-Bereich liegen. Die Filtereigenschaften müssen die erwarteten Variationen der entsprechenden Biomarker berücksichtigen, die Normal- und Müdigkeitszustände wiedergeben. Die Filtereigenschaften können je nach dem Verlauf und der Statistik zu den Biomarkern des Fahrers, die zuvor im Speicher gespeichert wurden, eingestellt werden. Die Einheiten **426** und **427** führen die Berechnung der Herzschlag- bzw. Atemfrequenzen durch. Die gefilterten Signale werden zunächst in den Frequenzbereich umgewandelt. Die entspre-

chenden Herzschlag- bzw. Atemfrequenzen werden als Spitzen im Signalspektrum erkannt. Die Position der Spitzen bestimmt die entsprechende Frequenz. Es kann eine Mehrzahl von Spitzenerkennungsverfahren eingesetzt werden, wobei die entsprechende digitale Signalverarbeitung durch verschiedene Mittelungs-, Glättungs-, Fensterungs- und Spitzenpositionsschätztechniken umgesetzt wird. In den Einheiten **428** und **429** werden die berechneten Frequenzen durch Berechnen der Änderungsrate der Herzschlag- und Atemfrequenzen weiterverarbeitet, die mathematisch als Ableitungen der entsprechenden biometrischen Frequenzen angegeben werden können, wobei verschiedene Mittelungstechniken angewandt werden können. Diese Informationen werden an die Einheit **70** bereitgestellt, die für die Erkennung von Fahrermüdigkeit verantwortlich ist. In den Einheiten **711** und **712** werden die jeweiligen Frequenzen mit dem Satz aus zuvor erfassten Werten oder vordefinierten Schwellenwerten verglichen, die von den Einheiten **715** und **716** bereitgestellt werden. Sämtliche Informationen werden an die Einheit **720** bereitgestellt. Die Einheiten **715** und **716** werden mit den neuen Frequenzen und entsprechenden Änderungsraten aktualisiert. Die Einheiten **715** und **716** enthalten den Verlauf für die Biomarkerinformationen des Fahrers, die insbesondere Folgendes umfassen:

- Frequenzinformationen in bestimmten vordefinierten Zeitschritten
- Gemittelte Frequenzinformationen über wenigstens einen vordefinierten Zeitraum
- Informationen über die Änderungsrate in bestimmten vordefinierten Zeitschritten
- Gemittelte Informationen über die Änderungsrate über wenigstens einen vordefinierten Zeitraum
- Vergleichsschwellenwerte für die Frequenz
- Vergleichsschwellenwerte für die Änderungsrate

[0020] Die Vergleichsschwellenwerte können vordefiniert oder anhand der gespeicherten Daten statistisch berechnet sein.

[0021] Insbesondere verfügen die Einheiten **715** und **716** über Modelle und Bereiche für Biomarkerfrequenzen und Biomarkeränderungsrate, die einen „wachen“ oder „schläfrigen“ Zustand wiedergeben. Die Informationseinheit **717** stellt zusätzliche Informationen an die Einheit **720** bereit, einschließlich:

- Informationen über die Gesamtfahrdauer im vergangenen Zeitraum der angegebenen Dauer, z. B. in den letzten 24 Stunden;
- Informationen über die durchgängige Fahrdauer;
- Informationen zur aktuellen Ortszeit.

[0022] Die optionale Einheit **719** stellt Informationen vom externen Innenraumgassensor an die Einheit **720** bereit, die bevorzugt die CO₂-Konzentration einschließt. Die optionale Einheit **718** stellt Informationen über die Fahrzeugdynamik an die Einheit **720** bereit. Diese Informationen können auf Grundlage von Daten aus MEMS-Sensoren in der Einheit **50** oder Daten von im Fahrzeug eingebetteten externen Sensoren, welche an die Vorrichtung **100** durch die Einheit **60** bereitgestellt werden, berechnet werden. Die Fahrermüdigkeitsereignis-Berechnungseinheit **720** berechnet die Fahrermüdigkeitsereigniswertung auf Grundlage einer gewichteten Summe aus dem folgenden Informationssatz:

- Herzschlagfrequenzwert fiel unter berechneten oder vordefinierten Schwellenwert.
- Änderungsrate der Herzschlagfrequenz erreichte berechneten oder vordefinierten Schwellenwert.
- Atemfrequenzwert fiel unter berechneten oder vordefinierten Schwellenwert.
- Änderungsrate der Atemfrequenz erreichte berechneten oder vordefinierten Schwellenwert.
- Durchgängige Fahrdauer über berechnetem oder vordefiniertem Schwellenwert.
- Fahrdauer in vordefiniertem Zeitrahmen über berechnetem oder vordefiniertem Schwellenwert.
- Tagesabschnitt: früh am Morgen, tagsüber, Dämmerung, nachts, spätnachts.

[0023] Die Gewichtungsfaktoren sind vordefiniert oder werden anhand des Informationssatzes, vordefinierter Werte und einer Verhaltensstatistik des Fahrers bestimmt. Wenn die Wertung über dem Schwellenwert liegt, wird ein Fahrermüdigkeitsereignis erkannt. Anhand des Werts der Wertung wird die Müdigkeitskategorie bestimmt. Diese Informationen werden an die Einheit **71** übermittelt. Anhand dieser Informationen leitet die Einheit **71** vordefinierte Aktionen unter Verwendung der Einheit **60** und/oder der Einheit **50** ein, was eine optionale audiovisuelle Alarmfunktion einschließt. Die vordefinierten Müdigkeitskategorien lauten:

- Sehr hohe Wahrscheinlichkeit eines Fahrermüdigkeitsereignisses, Ereignis **A**
- Hohe Wahrscheinlichkeit eines Fahrermüdigkeitsereignisses, Ereignis **B**
- Mäßige Wahrscheinlichkeit eines Fahrermüdigkeitsereignisses, Ereignis **C**

Ereignis **A** kann mit sofortigen Audioalarmen, Lichtalarmen, optionalen Aktivitäten in Bezug auf die Motor- und/oder Bremssteuerung, z. B. kurze Bremsvorgänge mit dem Ziel, den Fahrer durch die me-

chanische Beanspruchung aufzuwecken, optionalem Videoalarm über eine Multimediakonsole, optionaler Aktualisierung der Fahrerzustandsinformationen und einer optionalen Mitteilung an eine abgesetzte Flotten- oder Verkehrsverwaltung verbunden sein. Ereignis **B** kann mit sofortigen Audioalarmen, Lichtalarmen, optionalem Videoalarm über eine Multimediakonsole, optionaler Aktualisierung der Fahrerzustandsinformationen und einer optionalen Mitteilung an eine abgesetzte Flotten- oder Verkehrsverwaltung verbunden sein. Ereignis **C** kann mit sofortigen Audioalarmen und Lichtalarmen verbunden sein.

[0024] Wenn die Vorrichtung den abrupten Stillstand des Herzschlags erkennt, bestätigt durch den Stillstand der Atemtätigkeit, werden Alarmmeldungen an den Fahrer ausgelöst. In dem Fall, dass der Fahrer nicht reagiert, wird der Notfallzustand bestätigt und werden Notfallaktionen eingeleitet. Notfallaktionen können eine entsprechende Motor- und/oder Bremssystemsteuerung und/oder Notrufe beinhalten.

[0025] In **Fig. 5** sind zwei hochverstärkende Antennenanordnungen dargestellt. Die Systeme **21** und **22** befinden sich auf der linken und rechten Seite der integrierten Eingangseinheit **10**. Die Anordnung **2** kann als bevorzugte Ausführungsform betrachtet werden, die einen bevorzugten Kompromiss aus Größe und Leistung bereitstellt, wobei die vorderseitigen Größenabmessungen der kompletten Vorrichtung **100** bei 4×2 cm oder weniger bei Betrieb im 60-GHz-ISM-Band liegen. Das Antennensystem ist vorzugsweise als flache gedruckte Dipole mit ellipsenähnlichen Antennenformen umgesetzt, wobei die beiden Teile auf gegenüberliegende Seiten der dielektrischen Schicht aufgedruckt sind, was zudem für eine mechanische Abstützung sorgt. Aufdrucke auf der gegenüberliegenden Seite des Dielektrikums sind in **Fig. 5** als gestrichelte Linien dargestellt. Der in **Fig. 6** dargestellte Querschnitt zeigt auf die gegenüberliegenden Seiten der dielektrischen Schicht gedruckte Antennen sowie einen metallisierten Reflektor im Abstand von ungefähr einer Viertelwellenlänge. Der Raum zwischen dem Reflektor und der Antenne kann leer oder mit Schaumstoff gefüllt sein. Die Antennenteile **21** und **22** werden über die symmetrischen Leitungen versorgt, die auf beide Seiten des Dielektrikums aufgedruckt sind und zu den Dipolen hin senkrecht zu ihrer Anordnung verlaufen, wie in **Fig. 5** dargestellt. Die symmetrische Leitung kann vorteilhafterweise mit verschiedenen Millimeterwellen-Eingängen und -Ausgängen der Einheit **10** über mittels einer fortschrittlichen Polymertechnik ausgebildete Mikrodurchkontaktierungen verbunden sein. Dies wird in **Fig. 6** veranschaulicht.

[0026] Die Hilfsschaltungen **50** als Teil der Vorrichtung **100** können eine Lautsprecherfunktionalität mit einer Mehrzahl möglicher Umsetzungen einschließen. Dieses Merkmal würde es der Vorrichtung **100** ermöglichen, unabhängig von der Fahrzeu-

ginfrastruktur zu sein, indem es Audiowarnungen im Falle der Erkennung von Fahrermüdigkeit auslöst. Die Hilfsschaltungen **50** als Teil der Vorrichtung **100** können eine Lichtwarnquellenfunktionalität mit einer Mehrzahl an möglichen Umsetzungen einschließen. Dieses Merkmal würde es der Vorrichtung **100** ermöglichen, unabhängig von der Fahrzeuginfrastruktur zu sein, indem es Lichtwarnungen im Falle der Erkennung von Fahrermüdigkeit auslöst. Diese Optionen sind für sämtliche Arten von Anschlussmarktanwendungen nützlich, bei denen die Vorrichtung **100** nach der Fertigung in Fahrzeugen montiert wird.

[0027] Alternativ kann anstatt der Verwendung von zwei hochverstärkenden Antennen, einer zum Senden **22** und einer für den Empfang **21**, das vorgeschlagene System mit einer hochverstärkenden Antenne für sowohl Empfangs- als auch Sendefunktionalität **24** wie in **Fig. 9a)** und **Fig. 9b)** und einer Isolatorfunktionalität **23** umgesetzt werden. Dieser Ansatz weist einige Systemnachteile durch die erschwerte praktische Umsetzung der Einheit **23** unter Bereitstellung einer ausreichenden Isolierung zwischen Empfangs- und Sendeeingängen der Einheit **10** auf. Ferner bringt die Einheit **23** an sich eine ungewollte Signaldämpfung des Sendesignals zur Antenne und des Empfangssignals von der Antenne zum Empfangseingang der Einheit **10** mit sich. Daraus ergeben sich ein höherer Stromverbrauch für das System, eine höhere Wärmeabgabe und höhere Kosten durch die Umsetzung der Isolatoreinheit **23**. Die Einheit **23** könnte bevorzugt mittels flacher Ringkopplerstrukturen, auch auf Ebene der integrierten Schaltung in der Einheit **10** oder auf Leiterplattenebene, wobei die Einheit **10** in der Vorrichtung **100** montiert wird, umgesetzt werden. Der einzige mögliche systembezogene Sensorvorteil wäre die verringerte Größe der Vorrichtung **100**, wobei die eine hochverstärkende Flachantenne anstelle von zwei eingebaut werden müsste.

[0028] Durch die Verwendung des IQ-Demodulators anstelle eines Signalmischers in der Einheit **10** würden zwei analoge abwärtsgemischte Basisband-Quadratursignale an die Einheit **30** bereitgestellt werden. Bei zwei Signalen im Signalverarbeitungspfad können zusätzliche Informationen über Phasenänderungen zwischen zwei Signalen verwendet werden. Dadurch kann sich die Genauigkeit der digitalen Signalverarbeitung und etwas Redundanz zulasten einer höheren Chipgröße der Einheit **10** und eines größeren Verarbeitungsaufwands für die Einheit **40** erhöhen. Das Betriebsverfahren kann die direkten Informationen nutzen, die von einem der Abwärtsmischpfade, vom I-Pfad oder vom Q-Pfad, erhalten werden, und die Informationen des anderen Pfades nicht verarbeiten, solange keine genauere Informationsextraktion benötigt wird. Das Vorliegen beider Pfade, mit um 90 Grad verschobenem Nulldurchgang, kann praktische Vorteile haben. Durch Auswerten der Phasenänderungen der IQ-Signale mit ei-

ner typischen Genauigkeit mit einer Auflösung von 1-2 Grad können Mikrobewegungen der Objekte mit größerer Genauigkeit beurteilt werden, wobei eine Wellenlänge typischerweise im μm -Bereich liegt. Dadurch kann sich die Fähigkeit zur Frequenzextraktion erhöhen.

Patentansprüche

1. Fahrermüdigkeitssensorvorrichtung mit Millimeterwellenradar und Betriebsverfahren, wobei Millimeterwellen einen Betrieb zwischen 30 und 300 GHz bezeichnen, beinhaltend:

- eine hochverstärkende Flachantenne zum Senden von Millimeterwellen-Funksignalen, wobei die hochverstärkende Flachantenne wenigstens zwei Strahlungselemente aufweist;
- eine hochverstärkende Flachantenne zum Empfangen von Millimeterwellen-Funksignalen, wobei die hochverstärkende Flachantenne wenigstens zwei Strahlungselemente aufweist;
- ein integriertes Millimeterwellen-Funkeingangsteil, umgesetzt mit beliebiger Halbleitertechnik, das auf einem Chip integriert einen spannungsgesteuerten Millimeterwellen-Oszillator, einen Millimeterwellen-Leistungsverstärker, einen rauscharmen Millimeterwellen-Verstärker, einen Millimeterwellen-Mischer, eine digitale Steuerschnittstelle, eine Stromversorgung und eine PLL-Analog-Digital-Umwandlungseinheit aufweist;
- eine digitale Verarbeitungsfunktionalität, die eine Steuerfunktionalität und eine Berechnungs- und Speicherkapazität zum Durchführen digitaler Signalverarbeitung mittels einer beliebigen Art der Umsetzungsoptionen beinhaltet;
- eine optionale Schnittstelle zur Fahrzeuginfrastruktur, die eine oder mehrere standardisierte drahtgebundene Fahrzeugschnittstellen beinhaltet;
- unterstützende Schaltungen, die eine mechanische Schnittstelle zur Fahrzeuginfrastruktur und unterstützende elektronische Schaltungen zur Stromversorgung der Vorrichtung beinhalten, wobei die Vorrichtung im Lenkrad eines Fahrzeugs, zum Fahrerweisend, mit direktem Sichtlinienbetrieb integriert ist und wobei das Betriebsverfahren Folgendes beinhaltet:

Senden von in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil erzeugten Millimeterwellensignalen mittels der hochverstärkenden Flachantenne zum Senden von Millimeterwellen-Funksignalen;

Empfangen von vom Körper des Fahrers reflektierten Millimeterwellensignalen mittels der hochverstärkenden Flachantenne zum Empfangen von Millimeterwellen-Funksignalen;

Verstärken des reflektierten Signals in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil;

Abwärtswandeln der Signale durch Mischen mit dem gleichen Signal der gleichen Frequenz wie das gesendete Signal in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil;

Verstärken eines gewandelten Signals nach dem Mischen in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil;

Analogfiltern der Signale nach dem Verstärken in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil;

Konditionieren der Signale in dem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil zur anschließenden Analog-Digital-Umwandlung, die durch die Analog-Digital-Umwandlungseinheit durchgeführt wird;

digitales Verarbeiten des Signals in der digitalen Verarbeitungsfunktionalität durch:

- Extrahieren einer Herzschlagfrequenz aus dem zuvor beliebig verarbeiteten Signal;
- Extrahieren einer Änderungsrate der Herzschlagfrequenz aus dem zuvor beliebig verarbeiteten Signal;
- Extrahieren einer Atemfrequenz aus dem zuvor beliebig verarbeiteten Signal;
- Extrahieren einer Änderungsrate der Atemfrequenz aus dem zuvor beliebig verarbeiteten Signal;
- digitales Verarbeiten in einer Fahrermüdigkeitsereignis-Entscheidungsfunktionalität, welches die folgenden Schritte beinhaltet:

- Beurteilen, ob die Herzschlagfrequenz in einem angegebenen Bereich liegt;
- Beurteilen, ob die Atemfrequenz in einem angegebenen Bereich liegt;
- Beurteilen, ob die Änderungsrate der Herzschlagfrequenz im angegebenen Bereich liegt;
- Beurteilen, ob die Änderungsrate der Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt;
- statistisches Auswerten von Verlaufsdaten zur Herzschlagfrequenz des Fahrers;
- statistisches Auswerten von Verlaufsdaten zur Atemfrequenz des Fahrers;
- eine Zeitinformationseinheit, die Informationen zur durchgängigen Fahrdauer, zur Gesamtfahrdauer im vergangenen Zeitraum mit einer angegebenen Dauer und Informationen zur aktuellen Ortszeit bereitstellt;
- Bereitstellen einer aktuellen Herzschlagfrequenz durch die Einheit zur Beurteilung, ob die Herzschlagfrequenz im angegebenen Bereich liegt, und der aktuellen Änderungsrate der Herzschlagfrequenz durch die Einheit zur Beurteilung, ob die Änderungsrate der Herzschlagfrequenz im angegebenen Bereich liegt, an eine Fahrerstatistik-Herzschlagfrequenzmodelleinheit der statistischen Auswertung der Verlaufsdaten zur Herzschlagfrequenz des Fahrers;
- Bereitstellen einer aktuellen Atemfrequenz durch die Einheit zur Beurteilung, ob die Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt, und der aktuellen Änderungsrate der Atemfrequenz durch die Einheit zur Beurteilung, ob die Änderungsrate der Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt, an eine Fahrerstatistik-Atemfrequenzmodelleinheit der statistischen Auswertung der Verlaufsdaten zur Atemfrequenz des Fahrers;
- wobei ein digitales Verarbeiten in einer Fahrermüdigkeitsereignisberechnungs-Entscheidungsfunktionalität durchgeführt wird, die:

eine Wertung berechnet, indem die Informationen verarbeitet werden, die bereitgestellt werden durch die Einheiten zur Beurteilung, ob die Herzschlagfrequenz im angegebenen Bereich liegt; zur Beurteilung, ob die Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt; zur Beurteilung, ob die Änderungsrate der Herzschlagfrequenz im angegebenen Bereich liegt; zur Beurteilung, ob die Veränderungsrate der Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt; zur statistischen Auswertung der Verlaufsdaten zur Herzschlagfrequenz des Fahrers, zur statistischen Auswertung der Verlaufsdaten zur Atemfrequenz des Fahrers und die Zeitinformationseinheit, gewichtet nach vorgegebenen Koeffizienten, wobei sich die Wertung auf eine Wahrscheinlichkeit des Fahrerermüdigkeitsereignisses bezieht;

wobei in dem Fall, dass die berechnete Wertung über einem vordefinierten Schwellenwert liegt, eine Entscheidung zu einem positiven Fahrerermüdigkeitsereignis getroffen wird;

wobei im Fall eines positiven Fahrerermüdigkeitsereignisses die Einheit zur digitalen Verarbeitung in der Fahrerermüdigkeitsereignisberechnungs-Entscheidungsfunktionalität die Entscheidungsinformationen und die entsprechende Wertung an die Einheit zur Beurteilung sendet, ob die Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt;

wobei im Fall des positiven Fahrerermüdigkeitsereignisses die Einheit zur Beurteilung, ob die Atemfrequenz im angegebenen Bereich liegt, geeignete vorgegebene Aktionen der Einheit zur Bereitstellung einer Schnittstelle zur Fahrzeuginfrastruktur mithilfe von typischen drahtgebundenen Schnittstellen des Fahrzeugs und/oder einer Beschleunigungssensoren und Gyroskope umfassenden Einheit initiiert.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung in eine Fahrzeugkarosserie über dem Gesichtsfeld des Fahrers, zum Fahrer weisend, mit direktem Sichtlinienbetrieb integriert ist.

3. System nach Anspruch 1, wobei es ferner eine Einheit zur Bereitstellung von Informationen über die Fahrzeugdynamik an die Fahrerermüdigkeitsereignis-Berechnungseinheit umfasst und wobei diese Informationen die Berechnung der Fahrerermüdigkeitsereigniswertung beim Betriebsverfahren in dem Fall beeinflussen, dass eine Verringerung der Fahrzeuggeschwindigkeit durch MEMS-basierte Beschleunigungssensoren erkannt wird.

4. System nach Anspruch 1, wobei es ferner eine Einheit zur Bereitstellung von Informationen über die Fahrzeugdynamik an die Fahrerermüdigkeitsereignis-Berechnungseinheit umfasst und wobei diese Informationen die Berechnung der Fahrerermüdigkeitsereigniswertung beim Betriebsverfahren in dem Fall beeinflussen, dass reproduzierbare Korrekturen einer Fahrzeughaltung durch MEMS-basierte Beschleunigungssensoren erkannt werden.

5. System nach Anspruch 1, wobei optionale Informationen von einem Fahrzeuginnenraumgassensor an die Fahrerermüdigkeitsereignis-Berechnungseinheit bereitgestellt werden und wobei diese Informationen die Berechnung der Fahrerermüdigkeitsereigniswertung beim Betriebsverfahren in dem Fall beeinflussen, dass eine erhöhte CO₂-Konzentration erkannt wird.

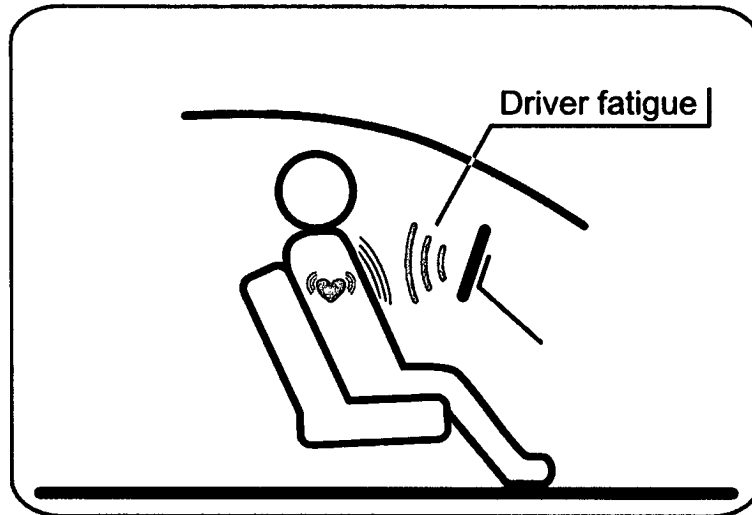
6. System nach Anspruch 1, wobei die unterstützenden Schaltungen Audio- und/oder visuelle Alarmfähigkeiten in beliebiger Umsetzung enthalten, die in dem Fall aktiviert werden, dass das Fahrerermüdigkeitsereignis durch die Einheit zum Initiieren vordefinierter Aktionen erkannt wird.

7. System nach Anspruch 1, wobei die Sensorvorrichtung und das Betriebsverfahren nur eine hochverstärkende Antenne zum Senden und Empfangen von Millimeterwellen-Funksignalen aufweisen, wobei die hochverstärkende Flachantenne wenigstens zwei Strahlungselemente aufweist und eine Isolatorfunktionalität durch eine Mehrzahl an Umsetzungsoptionen umgesetzt ist und eine Isolierung zwischen Empfangs- und Sendepfaden und eine entsprechende Empfangs- und Sendeverbindung zur hochverstärkenden Antenne bereitstellt.

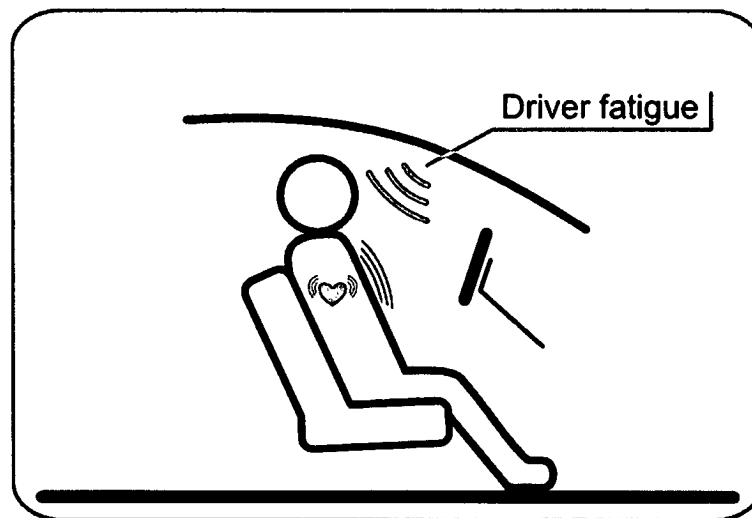
8. System nach Anspruch 1, wobei die Sensorvorrichtung und das Betriebsverfahren eine Einheit mit einem integrierten Millimeterwellen-Funkeingangsteil aufweisen, die anstelle eines Millimeterwellen-Abwärtswandlungsmischers einen IQ-Demodulator und zwei Signalkonditionierungspfade anstelle von einem aufweist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Vorrichtung am Lenkrad



Vorrichtungspositionierung in der Verkehrsmittel-Innenraum-Umgebung für die Fahrer-Ermüdungs-Detektion, „Driver fatigue“

Oben: Vorrichtung am Lenkrad

Unten: Vorrichtung am Chassis mit der Lichtsicht in der Richtung zu der Fahrer-Brust

Abb. 1

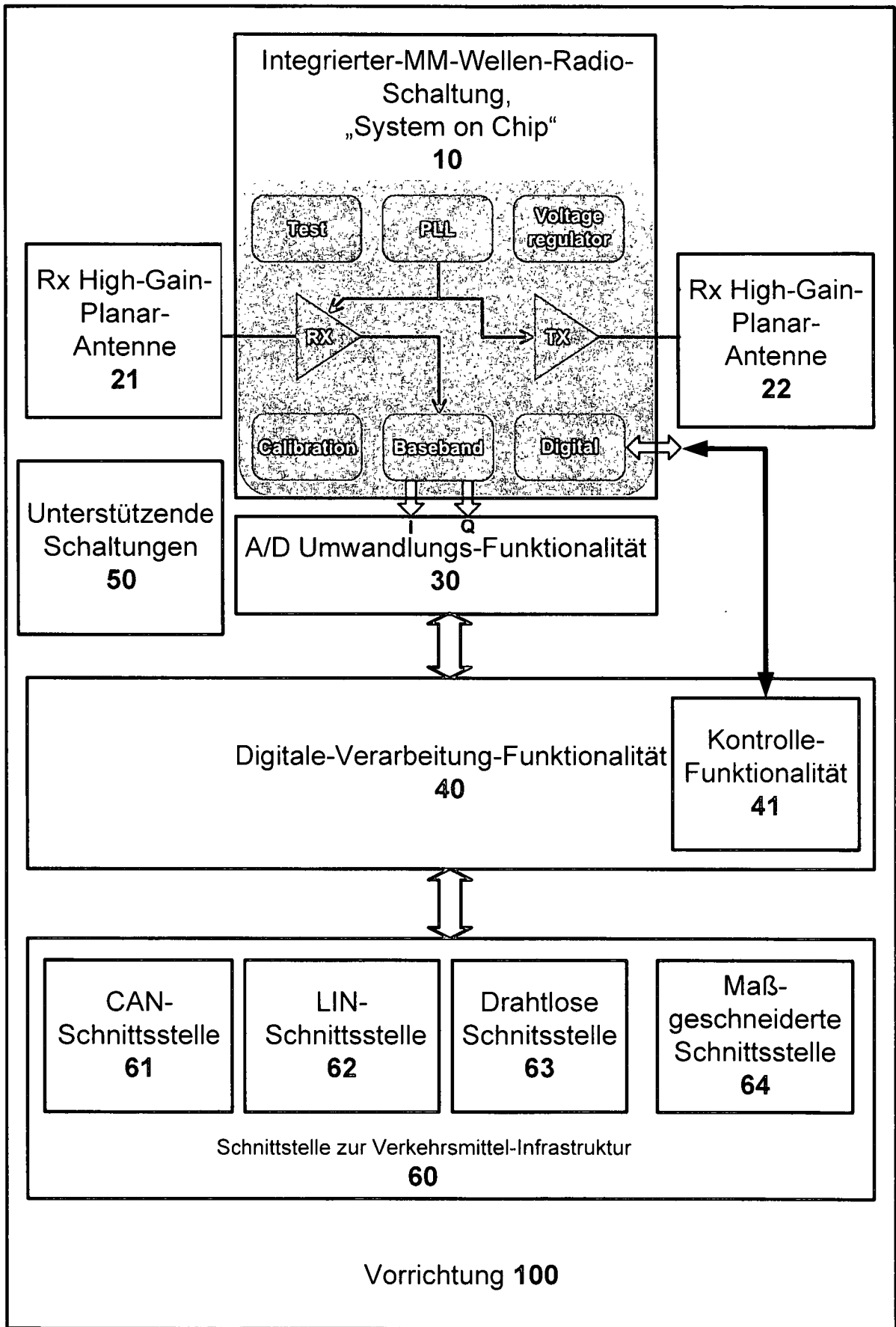


Abb. 2

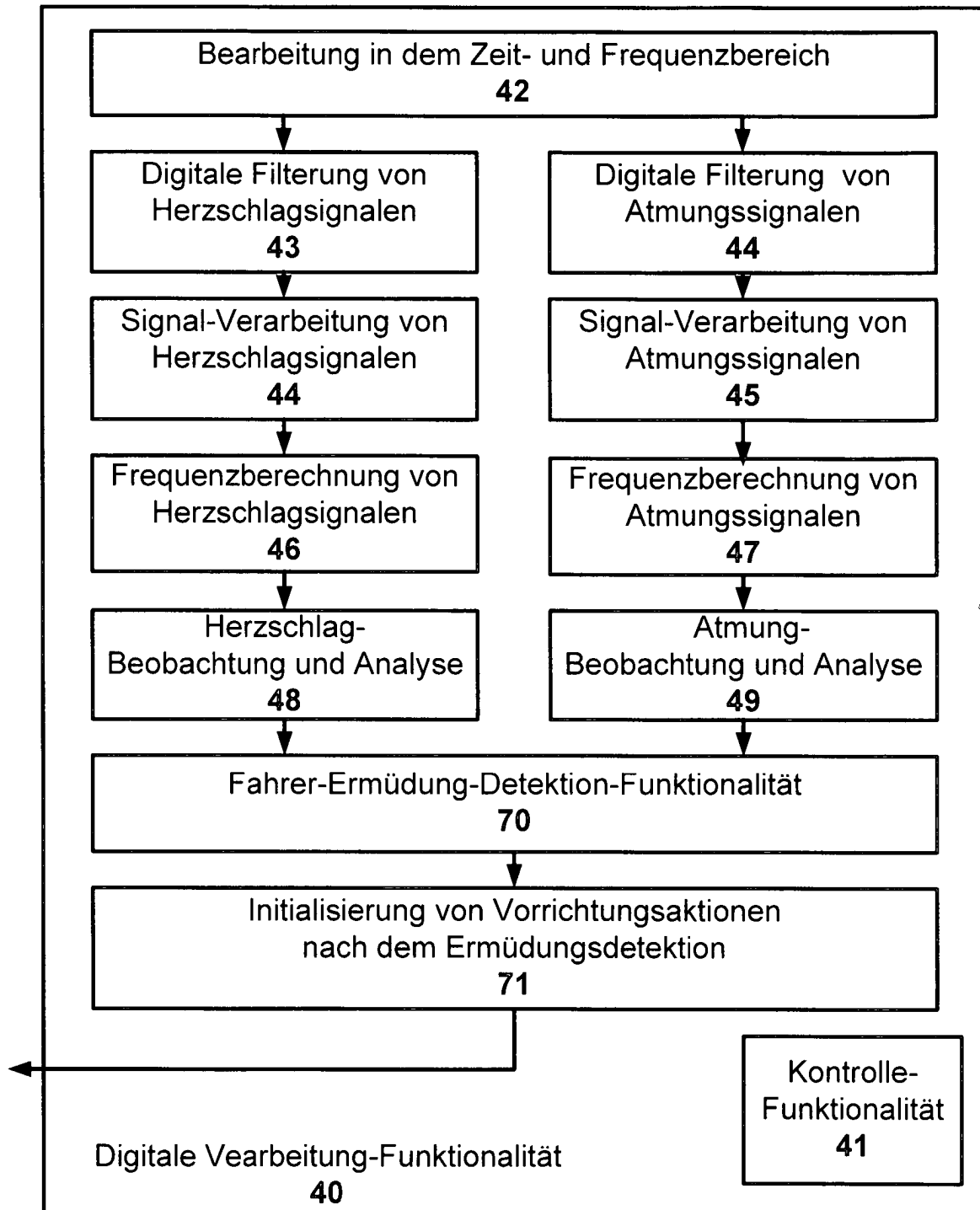
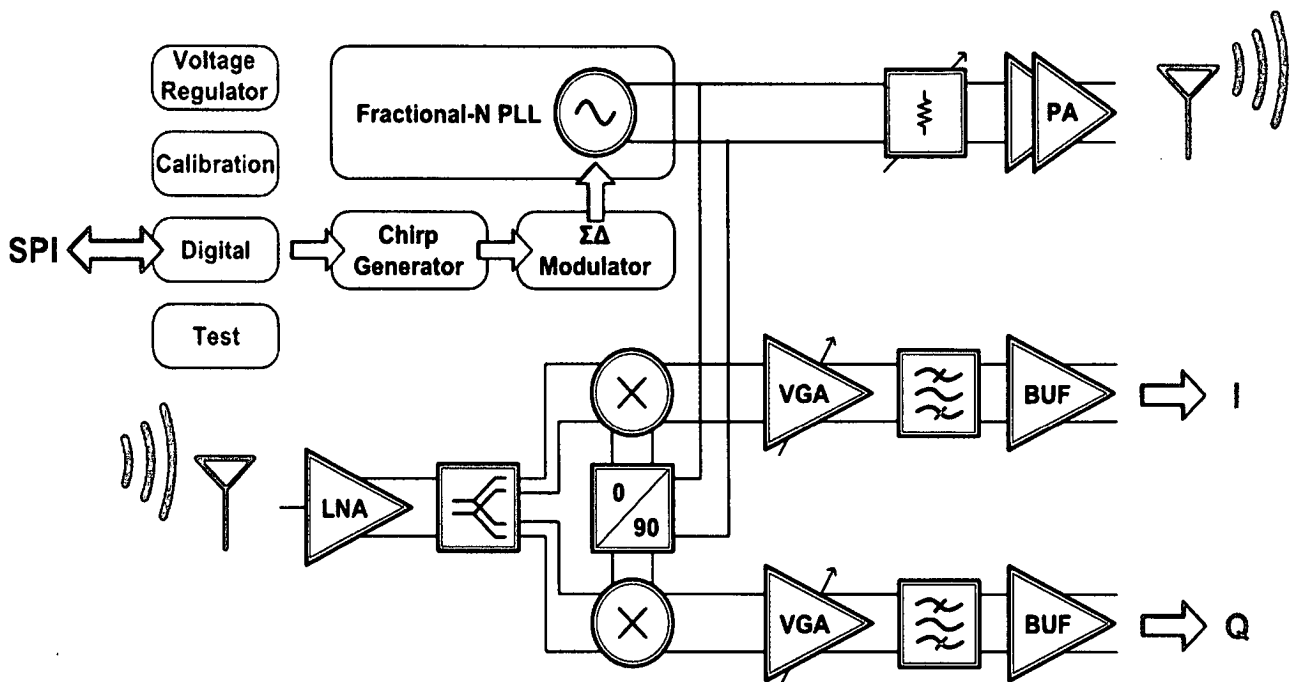


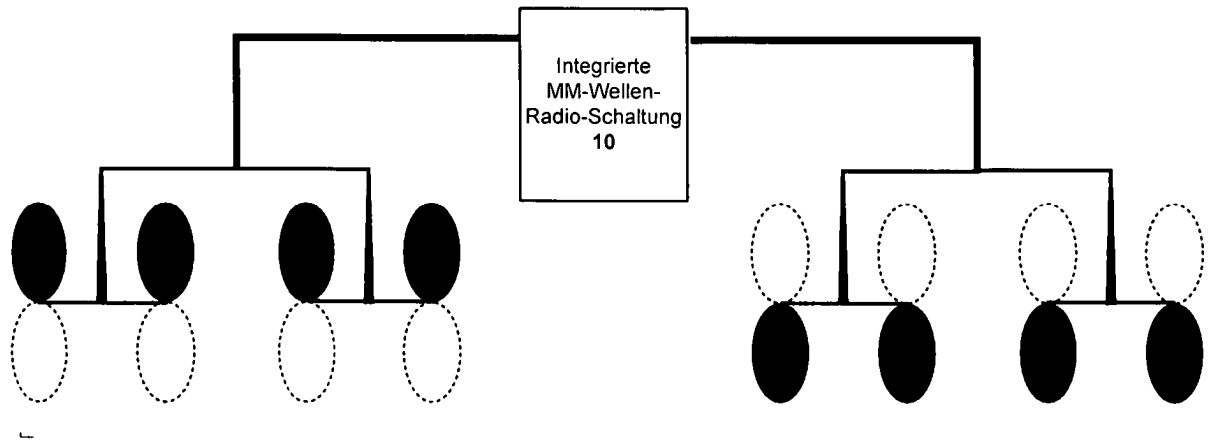
Abb. 3



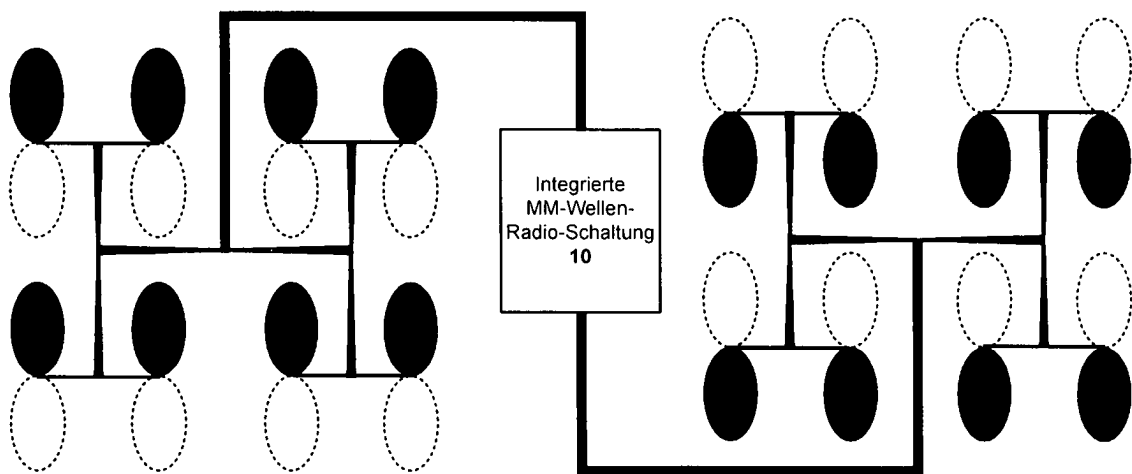
MM-Wellen-FMCW- und Doppler-Radar-Sender und Empfänger Topologie mit:

IQ Demodulatoren, Leistungsverstärker –PA- mit Gain-Kontrolle, Verstärker mit niedrigen Rauschen -LNA-, Oszillator mit „fractional N“ Phasenstabilisierung und Rampengenerierung, digitale Kontrolle über „SPI“-Schnittstelle, Testvorrichtung, Kalibrierungsvorrichtung, Spannungsregulierung und Analoge Signalvorbereitung – Verstärkung und Filterung- zur A/D Abtastung

Abb. 4

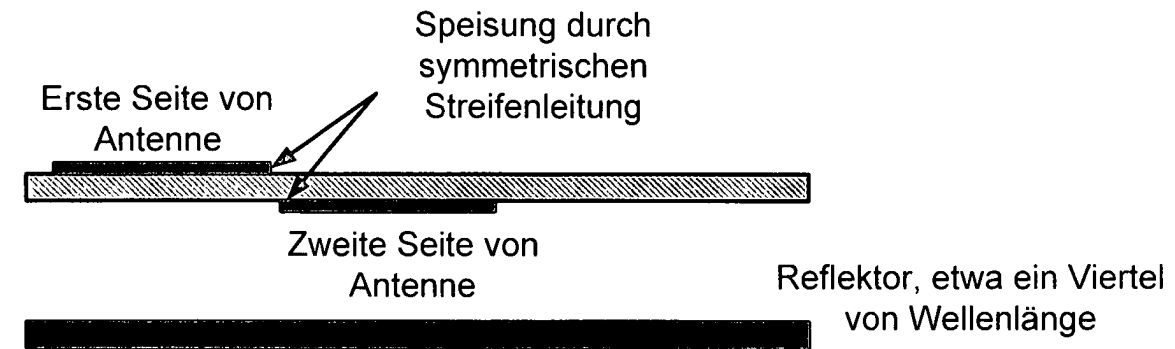


Einordnung 1

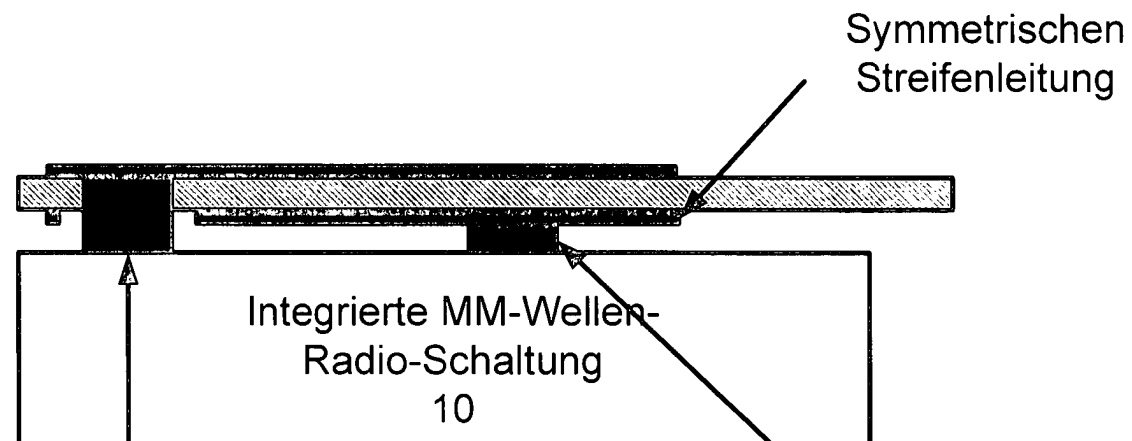


Einordnung 2

Abb. 5



Dipolen, Einordnung und Reflektor



„micro vias“ von differenziellen Chip-Ausgängen bis zu symmetrischen Streifenleitungen, realisiert mit Polymer-Technologie

Schaltungs-Anbindung an Antennen ohne „bonding wires“

Abb. 6

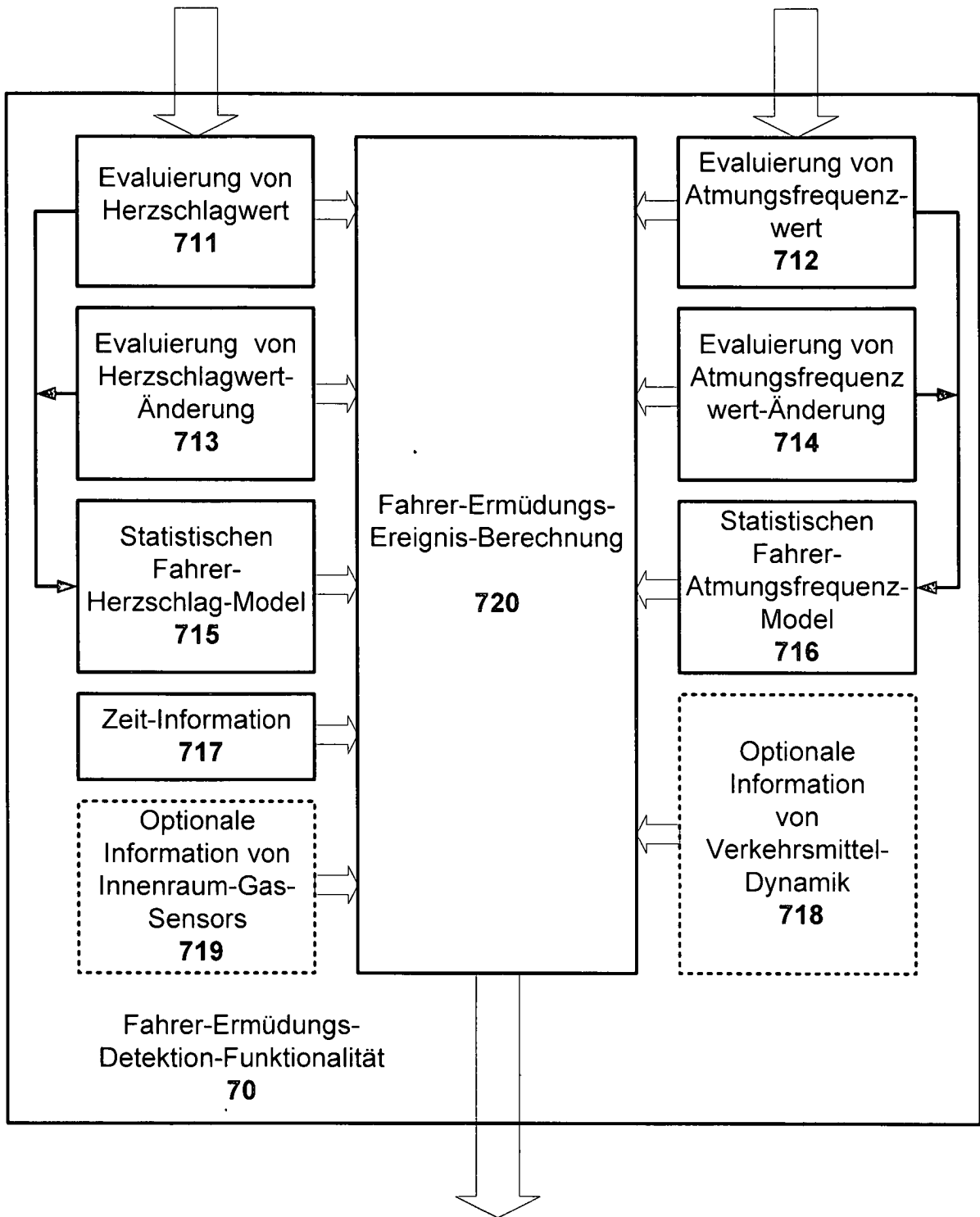
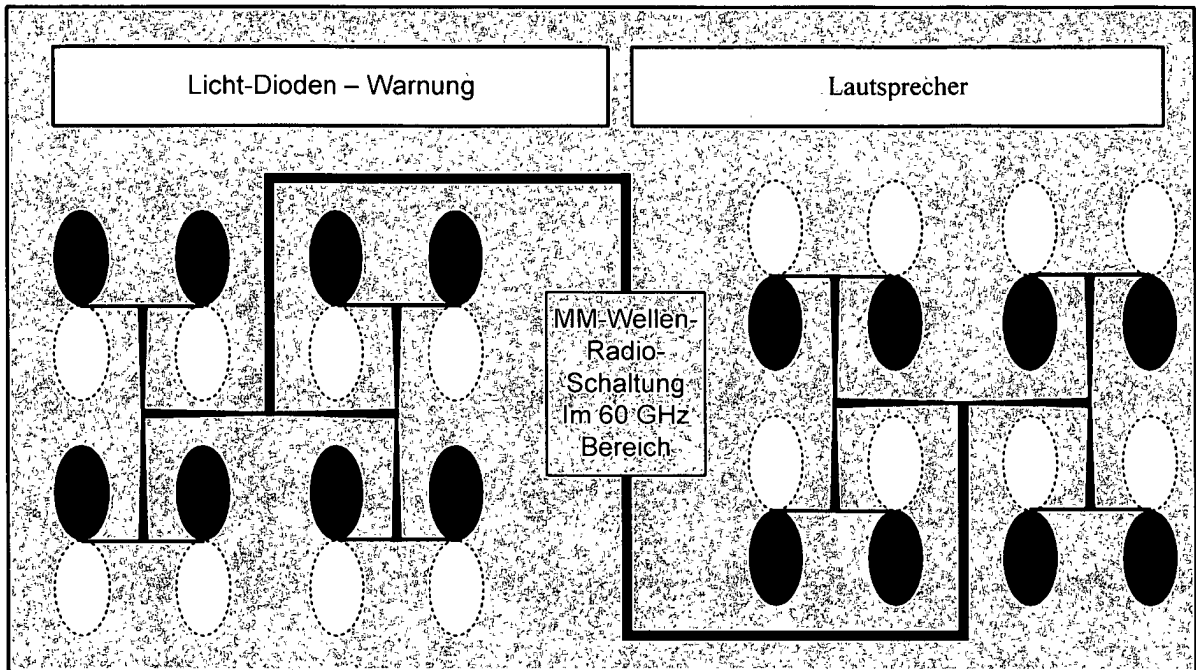
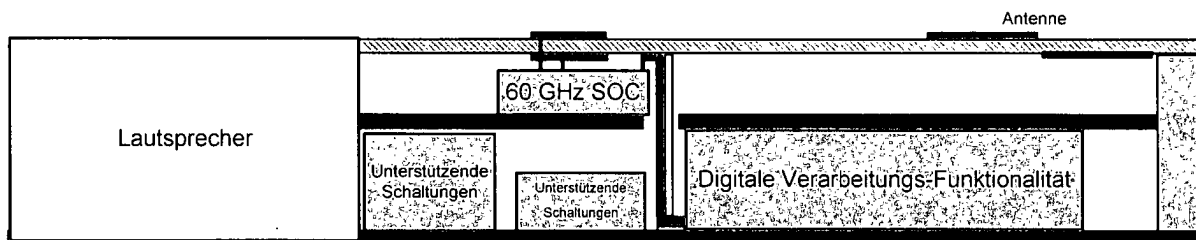


Abb. 7



Mögliche Vorrichtung-Topologie



Möglicher Vorrichtung-Topologie-Querschnitt

Abb. 8

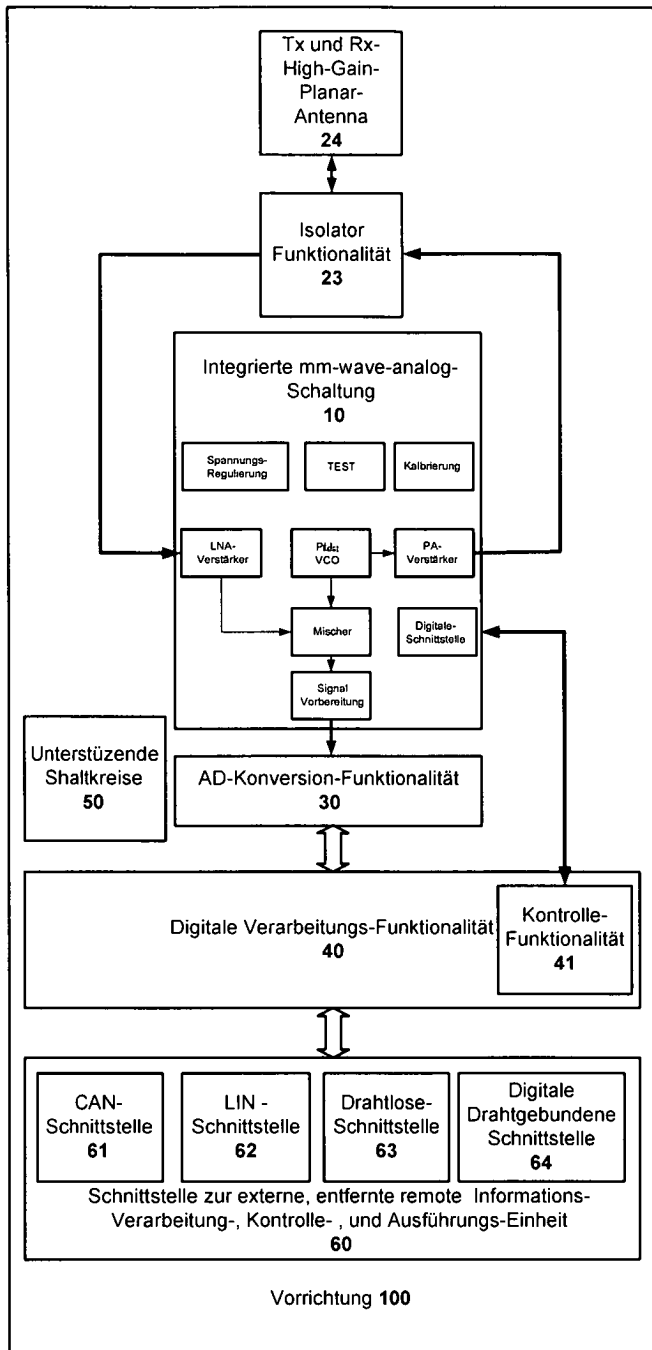


Abb. 9a

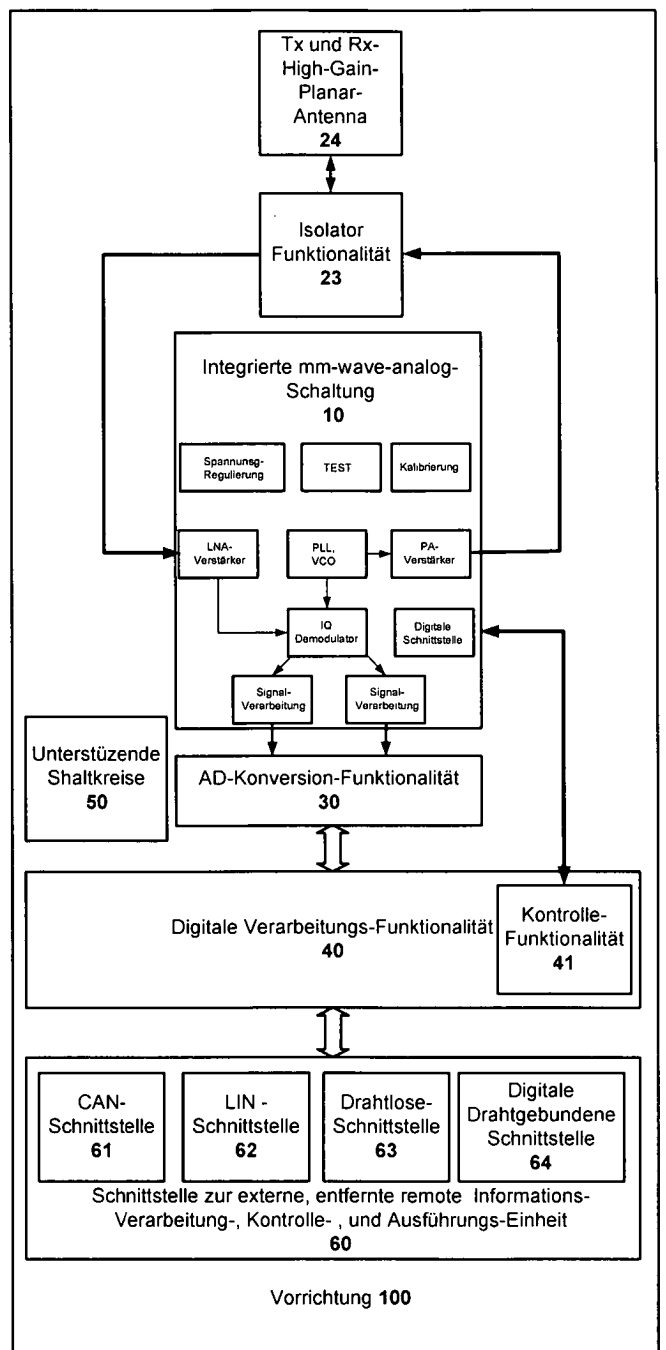


Abb. 9b