

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/068126 A1

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD.

(54) Bezeichnung: RADARZIELEMULATOR, PRÜFSTAND UND VERFAHREN ZUR SIGNALVERARBEITUNG

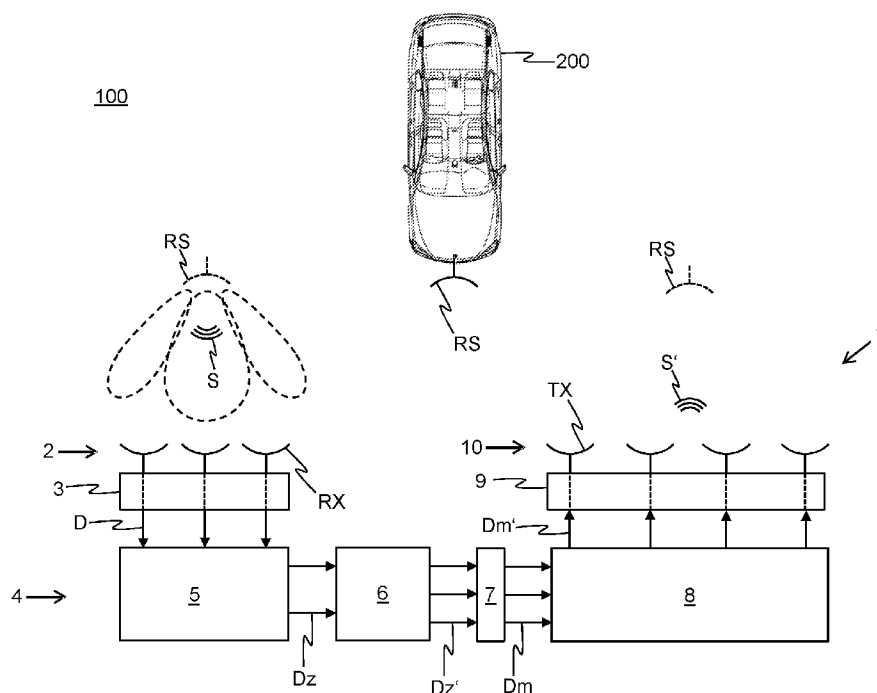


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a radar target emulator, a test bench having such a radar target emulator and a method for digitally processing at least one analog radar signal. The radar target emulator has a first conversion device, which is designed to convert the at least one analog radar signal into at least one corresponding digital radar data packet. A data processing device of the radar target emulator has a time delay apparatus and a modification apparatus, wherein the time delay apparatus is designed to provide, on the basis of the at least one digital radar data packet, a plurality of time-delayed radar data packets. The modification apparatus is designed to provide, on the basis of the plurality of time-delayed radar data packets, a plurality of modified radar data packets, and a second conversion device is designed to provide analog processed radar signals by converting the digital radar data packets processed by the

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

data processing device. A transmitting device has at least two transmitting apparatuses, which are particularly designed to transmit the analog processed radar signals provided by the second conversion device.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Radarzielemulator, einen Prüfstand mit einem solchen Radarzielemulator und ein Verfahren zur digitalen Verarbeitung wenigstens eines analogen Radarsignals. Der Radarzielemulator weist eine erste Wandlungsvorrichtung auf, welche dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine analoge Radarsignal in wenigstens ein entsprechendes digitales Radardatenpaket umzuwandeln. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung des Radarzielemulators weist eine Zeitverzögerungseinrichtung und eine Modifikationseinrichtung auf, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung dazu eingerichtet ist, auf Grundlage des wenigstens einen digitalen Radardatenpakets mehrere zeitlich verzögerte Radardatenpakete bereitzustellen. Die Modifikationseinrichtung ist dazu eingerichtet, auf Grundlage der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete mehrere modifizierte Radardatenpakete bereitzustellen, und eine zweite Wandlungsvorrichtung ist dazu eingerichtet, analoge verarbeitete Radarsignale durch Umwandeln der von der Datenverarbeitungsvorrichtung verarbeiteten digitalen Radardatenpakete bereitzustellen. Eine Sendevorrichtung weist wenigstens zwei Sendeeinrichtungen auf, die insbesondere dazu eingerichtet sind, die von der zweiten Wandlungsvorrichtung bereitgestellten analogen verarbeiteten Radarsignale zu senden.

Radarzielemulator, Prüfstand und Verfahren zur Signalverarbeitung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Radarzielemulator, insbesondere zur digitalen Verarbeitung wenigstens eines analogen Radarsignals, einen Prüfstand mit einem solchen Radarzielemulator und ein Verfahren zur digitalen Verarbeitung wenigstens eines analogen Radarsignals.

Die Komplexität mobiler Systeme, insbesondere von landgebundenen Kraftfahrzeugen, wie zum Beispiel Personenkraftwagen, Lastkraftwagen oder Motorkrafträdern, nimmt seit Jahren kontinuierlich zu. Dies erfolgt neben der Reduzierung von Emissionen und/oder Kraftstoffverbrauch oder der Erhöhung des Fahrkomforts unter anderem auch zur Bewältigung des gerade in Ballungsräumen stetig zunehmenden Verkehrsaufkommens. Hierfür sind in der Regel Fahrerassistenzsysteme bzw. Assistenzsysteme zuständig, welche über fahrzeuginterne Sensoren und/oder über Kommunikation mit anderen Fahrzeugen und/oder stationären Stellen bzw. Diensten Informationen über die Fahrzeugumgebung, insbesondere und die voraussichtliche Route, dazu nutzen, den Fahrer in Standardfahr-situationen und/oder Extremsituationen in Form von Hinweisen zu unterstützen und/oder aktiv in das Fahrzeugverhalten einzugreifen.

Häufig werden zumindest als Bestandteil der oben genannten Sensorik Radarsensoren eingesetzt, welche das unmittelbare Umfeld des Fahrzeugs bezüglich Hindernissen und/oder vorausfahrenden Fahrzeugen oder dergleichen überwachen. Zur Evaluierung eines Assistenzsystems ist es bekannt, diesem die von den Radarsensoren ermittelten Informationen über ein, insbesondere virtuelles, Testszenario zuzuführen und die Reaktion des Assistenzsystems auszuwerten. Den Radarsensoren werden dabei auf Grundlage des Testszenarios modulierte Radarsignale zugesendet.

Häufig sind die genannten Radarsensoren in einer horizontalen Ebene (Azimutebene) und in einer vertikalen Ebene (Elevationsebene) verschwenkbar, wodurch unter anderem eine erhöhte räumliche Auflösung ermöglicht werden kann und unrealistische Ziele wie zum Beispiel Punktziele erkennbar sind. Für eine Evaluierung des Assistenzsystems müssen den Radarsensoren entsprechend Informationen über das, insbesondere virtuelle, Testszenario aus verschiedenen Richtungen zugesendet werden.

Die DE 38 88 993 T2 betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung der Radarleistungsfähigkeit. Hierbei wird eine Radar-Betriebsüberwachungseinrichtung mit einer geschlossenen Schleife versehen, welche eine Verzögerungsleitungsanordnung enthält, um die Mehrzahl simulierter Radar-Zielobjektechosignale zu erzeugen. Eine Reihe von simulierten Radar-Zielobjektechos wird unter dem Einfluss einer Multiplexer-Steuerung erzeugt. Die Anzahl der Zielobjektechos, welche erzeugt wird, ist durch die Zeitdauer bestimmt, für die die Multiplexer-Steuerung einen R-Anschluss des Multiplexers einschaltet. In einem Ausführungsbeispiel weist eine Radar-Betriebsüberwachungseinrichtung eine in sich geschlossene Verzögerungsleitung auf. Hierdurch wird die Verzögerung von Signalen durch die Verzögerungsleitung erst nach dem Erzeugen einer Mehrzahl von einzelnen Signalen von Radar-Zielobjekten vorgenommen, wie dies beispielsweise in Fig. 2 der genannten Druckschrift gezeigt ist.

Die US 5 247 843 betrifft ein System und ein Verfahren zur Simulation elektromagnetischer Umgebungen, wobei ein Array aus einem oder mehreren Hornstrahlern elektromagnetische Signale unter scheinbaren Winkeln auf eine Empfangsantenne strahlt.

Die WO 2016 02225 683 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Fehljustierung einer Radarsensoreinheit, wobei eine Mehrzahl von Zielen von einer Justiervorrichtung in einer Anordnung bereitgestellt wird und jeweils zwei Ziele horizontal bzw. vertikal relativ zueinander ausgerichtet sind.

Im Lichte des oben Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Radarzielemulator bzw. einen Prüfstand mit einem solchen Radarzielemulator und ein Verfahren zur digitalen Verarbeitung wenigstens eines analogen Radarsignals anzugeben, welcher bzw. welches gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist.

Diese Aufgabe wird im Sinne der vorliegenden Erfindung gelöst durch einen Radarzielemulator nach Anspruch 1, einen Prüfstand mit einem solchen Radarzielemulator nach Anspruch 11 und ein Verfahren zum digitalen Verarbeiten wenigstens eines analogen Radarsignals nach Anspruch 12.

Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Radarzielemulator, insbesondere zum digitalen Verarbeiten wenigstens eines analogen Radarsignals, der eine erste

Wandlungsvorrichtung aufweist, welche dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine analoge Radarsignal in wenigstens ein entsprechendes digitales Radardatenpaket umzuwandeln. Vorzugsweise weist eine Datenverarbeitungsvorrichtung des Radarzielemulators eine Zeitverzögerungseinrichtung und eine Modifikationseinrichtung auf, wobei die
5 Zeitverzögerungseinrichtung insbesondere dazu eingerichtet ist, auf Grundlage des wenigstens einen digitalen Radardatenpakets mehrere zeitlich verzögerte Radardatenpakete bereitzustellen, und die Modifikationseinrichtung insbesondere dazu eingerichtet ist, auf Grundlage der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete mehrere modifizierte Radardatenpakete bereitzustellen. Eine zweite Wandlungsvorrichtung ist vorzugsweise
10 dazu eingerichtet, analoge verarbeitete Radarsignale durch Umwandeln der von der Datenverarbeitungsvorrichtung verarbeiteten digitalen Radardatenpakete bereitzustellen, und eine Sendevorrichtung weist wenigstens zwei Sendeeinrichtungen auf, die insbesondere dazu eingerichtet sind, die von der zweiten Wandlungsvorrichtung bereitgestellten analogen verarbeiteten Radarsignale zu senden.

Ein „Radarzielemulator“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Vorrichtung zur Stimulation eines Radarsensors, insbesondere eines Fahrzeugs, die in bevorzugter Weise ein vom Radarsensor ausgesendetes Radarsignal aufnimmt, auf Grundlage des Radarsignals erzeugte Radardatenpakete modifiziert und als verarbeitetes Radarsignal an den Sensor zurücksendet. Durch die Modifikation wird vorzugsweise ein,
20 insbesondere virtuelles, Testszenario abgebildet, etwa um die Reaktion eines Steuergeräts des Fahrzeugs auf dieses Testszenario zu bestimmen und zu bewerten. In diesem Sinne kann unter einem Radarzielemulator auch eine Simulationseinheit verstanden werden, die in bevorzugter Weise dazu eingerichtet ist, dem verarbeiteten Radarsignal das simulierte Testszenario durch eine Modifikation eines oder mehrerer Radardatenpakete aufzuprägen.
25

Eine „Wandlungsvorrichtung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Vorrichtung, die ein analoges Radarsignal in ein digitales Radardatenpaket, welches das analoge Radarsignal charakterisiert, bzw. ein digitales Radardatenpaket in ein analoges Radarsignal, welches das digitale Radardatenpaket charakterisiert, umwandelt. Vorzugsweise ist die Wandlungsvorrichtung dazu eingerichtet, das analoge Radarsignal
30 bzw. das digitale Radardatenpaket aufzunehmen und ein entsprechendes digitales Radardatenpaket bzw. ein entsprechendes analoges Radarsignal zu erzeugen. Bei einer

Wandlungsvorrichtung kann es sich etwa einen Analog-Digital-Wandler bzw. einen Digital-Analog-Wandler handeln.

Eine „Datenverarbeitungsvorrichtung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Vorrichtung, welche vorzugsweise dazu eingerichtet ist, digitale Daten zu verarbeiten, etwa zu vervielfältigen, speichern, modifizieren, kombinieren, verknüpfen, verwalten und/oder dergleichen. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung kann etwa als Computer oder Computersystem, insbesondere mit wenigstens einem Prozessor und wenigstens einem Speicher, ausgebildet sein.

Eine „Zeitverzögerungseinrichtung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Einrichtung, etwa ein Softwaremodul, welche ein Radardatenpaket aufnimmt und zeitverzögert wieder bereitstellt. Eine Zeitverzögerungseinrichtung kann etwa als Softwarefunktion ausgebildet sein, in welche zumindest das Radardatenpaket als Eingangsgröße eingeht und welche das zeitlich verzögerte Radardatenpakete als Ausgangsgröße ausgibt.

Eine „Modifikationseinrichtung“ im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Einrichtung, etwa ein Softwaremodul, welche ein Radardatenpaket aufnimmt und eine Modifikation, insbesondere auf Grundlage eines Testszenarios, am Radardatenpaket vornimmt. Eine Modifikationseinrichtung kann etwa als Softwaremodul ausgebildet sein, in welche zumindest das Radardatenpaket als Eingangsgrößen eingeht und welche das Radardatenpaket in der Weise ändert, dass das modifizierte Radardatenpaket zumindest einen Teil, beispielsweise ein Objekt, eines Testszenarios charakterisiert.

Die Erfindung basiert insbesondere auf dem Ansatz, ein oder mehrere empfangene analoge Radarsignale, welche vorzugsweise von einem Radarsensor ausgesendet wurden, in wenigstens ein oder mehrere entsprechende digitale Radardatenpakete, d.h. eine digitale Darstellung des einen oder der mehreren analogen Radarsignale, umzuwandeln und mittels einer Zeitverzögerungseinrichtung, insbesondere einer sog. digitalen Delay-Line, basierend auf dem einen oder den mehreren Radardatenpaketen mehrere zeitlich verzögerte Radardatenpakete zu bereitzustellen, insbesondere zu erzeugen. Dies ist besonders vorteilhaft, da somit für jedes zu emulierende Objekt eines, insbesondere virtuellen, Testszenarios, insbesondere mit nur einer einzigen Zeitverzögerungseinrichtung, ein

zeitlich verzögertes Radardatenpaket bereitgestellt werden kann, wobei die zeitliche Verzögerung eine Laufzeit eines ursprünglich analogen Radarsignals emuliert und damit einen, insbesondere virtuellen, Abstand des Objekts zum Radarsensor charakterisiert. Zudem ist vorzugsweise eine Modifikationseinrichtung zur Anpassung der derart zeitver-
5 zögerten Radardatenpakete im Hinblick auf das Testszenario eingerichtet, insbesondere indem die digitalen Radardatenpakete in einer Weise geändert werden, die der Modulation der entsprechenden analogen Radarsignale durch die Reflexion an einem oder mehreren Objekten des Testszenarios entspricht. Dies ermöglicht eine schnelle, insbesondere echtzeitfähige, Bereitstellung des Testszenarios in einer digitalen Datenverarbeitungsvorrichtung, insbesondere auf Grundlage wenigstens eines analogen Radarsignals.
10

Des Weiteren kann eine Mehrzahl von Radarzielen, d.h. Objekten des Testszenarios, alternativ oder zusätzlich zur Einstellung des virtuellen Abstands durch die Zeitverzögerungseinrichtung auch an unterschiedlichen Positionen in der Azimutebene und/oder der Elevationsebene auf einfache Weise emuliert werden, vorzugsweise indem die modifizierten Radardatenpakete auf die wenigstens zwei Sendeeinrichtungen verteilt bzw. den
15 wenigstens zwei Sendeeinrichtungen zugeordnet werden, insbesondere bevor die zweite Wandlungsvorrichtung die auf die Sendeeinrichtungen verteilten modifizierten Radardatenpakete in analoge verarbeitete Radarsignale umwandelt. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Ausdehnung einzelner Ziele entlang der Azimutebene und/oder Elevationssebene emuliert werden, vorzugsweise indem ein modifiziertes Radardatenpaket auf
20 wenigstens zwei benachbarte Sendeeinrichtungen verteilt bzw. wenigstens zwei benachbarten Sendeeinrichtungen zugeordnet wird, insbesondere bevor die zweite Wandlungsvorrichtung das auf die Sendeeinrichtungen verteilte modifizierte Radardatenpaket in ein analoges verarbeitetes Radarsignal umwandelt.

25 Insgesamt erlaubt die Erfindung eine einfache und flexible Abbildung von Radarzielen, insbesondere im Hinblick auf die Anzahl der emulierbaren Radar-Zielobjekte und/oder die möglichen Zielentfernungen bzw. Positionen der Ziele.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Zeitverzögerungseinrichtung dazu eingerichtet, das wenigstens eine digitale Radardatenpaket mehrmals zeitlich um
30 eine oder mehrere, insbesondere unterschiedliche, vorgegebene Zeitdauern zu verzögern. Dabei kann die Zeitverzögerungseinrichtung das digitale Radardatenpaket in be-

vorzugter Weise für jedes zu emulierende Objekt des Testszenarios jeweils einmal um eine vorgegebene Zeitdauer, vorzugsweise auf Grundlage der angestrebten virtuellen Entfernung des Objekts zum Radarsensor, verzögern, wobei jedes der zeitverzögerten Radardatenpakete bei der Weiterverarbeitung direkt von der Modulationseinrichtung modifiziert wird, um jeweils ein emuliertes Objekt abzubilden. Alternativ oder zusätzlich kann das digitale Radardatenpaket mehrmals um eine, insbesondere dieselbe, vorgegebene Zeitdauer verzögert werden, so dass bei der Weiterverarbeitung, insbesondere durch eine Kombination, vorzugsweise auf Grundlage der angestrebten virtuellen Entfernung des Objekts zum Radarsensor, von wenigstens zwei der zeitlich verzögerten Radardatenpakete, jeweils ein zeitlich verzögertes Radardatenpaket mit der gewünschten zeitlichen Verzögerung gebildet und von der Modulationseinrichtung modifiziert wird. Dadurch wird eine flexible Anpassung der zeitlichen Verzögerung des Radardatenpakets, etwa an eine Änderung des Testszenarios, ermöglicht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Zeitverzögerungseinrichtung dazu eingerichtet, wenigstens eines der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete durch erneute zeitliche Verzögerung eines bereits zuvor zeitlich verzögerten Radardatenpakets bereitzustellen. Zu diesem Zweck ist die Zeitverzögerungseinrichtung vorzugsweise dazu eingerichtet, das zuvor zeitlich verzögerte Radardatenpaket erneut aufzunehmen und mit einer, insbesondere derselben, vorgegebenen Zeitverzögerung zu verzögern. Alternativ oder zusätzlich kann die Zeitverzögerungseinrichtung mehrere Zeitverzögerungsmodule aufweisen, die dazu eingerichtet sind, das digitale Radardatenpaket sequenziell, insbesondere um eine oder mehrere vorgegebene Zeitdauern, zu verzögern und jeweils ein zeitlich verzögertes Radardatenpaket bereitzustellen. Dadurch kann die Komplexität der Zeitverzögerungseinrichtung vorteilhaft reduziert und/oder zeitlich verzögerte Radardatenpakete besonders zuverlässig bereitgestellt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Zeitverzögerungseinrichtung dazu eingerichtet, das wenigstens eine digitale Radardatenpaket zumindest temporär zu speichern und in Intervallen, welche durch die eine vorgegebene Zeitdauer oder die mehreren vorgegebenen Zeitdauern gekennzeichnet sind, bereitzustellen. Insbesondere kann die Zeitverzögerungseinrichtung das digitale Radardatenpaket zurückhalten und wiederholt nach Zeitdauern, die vorzugsweise von den angestrebten virtuellen Abständen der Objekte des Testszenarios zum Radarsensor abhängen, zur Weiter-

bearbeitung freigeben. Dadurch kann die Komplexität der Zeitverzögerungseinrichtung vorteilhaft noch weiter reduziert werden und das Bereitstellen der zeitlich verzögerten Radardatenpakete flexibel bzw. nach Bedarf getaktet werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Zeitverzögerungseinrichtung dazu eingerichtet, das Radardatenpaket unter Berücksichtigung einer
5 Verarbeitungszeit, die benötigt wird, um das Radardatenpaket in der Datenverarbeitungsvorrichtung weiter zu verarbeiten, zeitlich zu verzögern. Vorzugsweise ist die Zeitverzögerungseinrichtung zudem dazu eingerichtet, die Zeitverzögerung des digitalen Radardatenpakets an eine Änderung, insbesondere an Fluktuationen, der genannten
10 Verarbeitungszeit, insbesondere unter Berücksichtigung der angestrebten virtuellen Abstände der Objekte des Testszenarios zum Radarsensor, anzupassen. Somit kann beispielsweise die von der Zeitverzögerungseinrichtung bewirkte Zeitverzögerung des digitalen Radardatenpakets verringert werden, wenn aufgrund einer, insbesondere zunehmenden, Komplexität des virtuellen Testszenarios ein Anstieg der benötigten Rechen-
15 leistung zur Simulation des Testszenarios festgestellt wird oder zumindest absehbar ist. Auf diese Weise können latenzbedingte zeitliche Verzögerungen bei der Verarbeitung des Radardatenpakets ausgeglichen werden, die andernfalls die Präzision der virtuellen Abstände von Objekten des Testszenarios zum Radarsensor beeinträchtigen würden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Datenverarbeitungsvorrichtung
20 eine erste Datenverarbeitungseinrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, zumindest zwei der mehreren von der Verzögerungseinrichtung zeitlich verzögerten Radardatenpakete miteinander zu kombinieren und als weitere zeitlich verzögerte Radardatenpakete bereitzustellen, insbesondere an die Modifikationseinrichtung auszugeben. Insbesondere ist die erste Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, eine Mehrzahl von zeitlich
25 verzögerten Radardatenpaketen bereitzustellen, anhand der die zu emulierenden Objekte bzw. das Testszenario, insbesondere nach entsprechender Modifikation durch die Modifikationseinrichtung, abgebildet werden kann. Dabei ist die Anzahl der von der ersten Datenverarbeitungseinrichtung bereitgestellten weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpakete vorzugsweise unabhängig von der Anzahl der von der Zeitverarbeitungseinrichtung bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete. Dies ermöglicht eine
30 Entkopplung der Zeitverzögerungseinrichtung und der Modifikationseinrichtung, so dass die Zeitverzögerungseinrichtung und/oder die Modifikationseinrichtung besonders effizient genutzt und/oder konzipiert werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Datenverarbeitungsvorrichtung eine zweite Datenverarbeitungseinrichtungen auf, die dazu eingerichtet ist, zumindest zwei der von der Modifikationseinrichtung modifizierten Radardatenpakete miteinander zu kombinieren und als weitere modifizierte Radardatenpakete bereitzustellen, insbesondere an die zweite Wandlungsvorrichtung auszugeben. Insbesondere ist die zweite Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, eine Mehrzahl von weiteren modifizierten Radardatenpaketen bereitzustellen, anhand der eine vorgegebene Verteilung der emulierten Objekte, insbesondere nach entsprechender Umwandlung durch die zweite Wandlungsvorrichtung, auf die wenigstens zwei Sendeeinrichtungen bewirkt wird. Dabei ist die Anzahl der von der zweiten Datenverarbeitungseinrichtung bereitgestellten weiteren modifizierten Radardatenpakete vorzugsweise unabhängig von der Anzahl der von der Modifikationseinrichtung bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete. Dies ermöglicht das freie Positionieren und/oder Bewegen von emulierten Objekten in der Azimutebene und/oder der Elevationsebene bezüglich des Radarsensors.

Vorzugsweise weist die erste und/oder zweite Datenverarbeitungseinrichtung wenigstens zwei Datenverarbeitungsmodulen auf, die dazu eingerichtet sind, jeweils zumindest zwei der zeitlich verzögerten bzw. modifizierten Radardatenpakete im Wesentlichen gleichzeitig, insbesondere parallel, miteinander zu kombinieren. So kann etwa für ein oder mehrere zu emulierende Objekt des Testszenarios jeweils ein Datenverarbeitungsmodul vorgesehen sein, welches zumindest zwei der zeitlich verzögerten bzw. modifizierten Radardatenpakete miteinander kombiniert. Dadurch kann jeweils ein Radardatenpaket mit einer einem Abstand des zu emulierende Objekts zum Radarsensor entsprechenden zeitlichen Verzögerung gebildet werden. Alternativ oder zusätzlich können Radardatenpakete gebildet werden, mittels der eine gewünschte laterale Positionierung der zu emulierenden Objekte bezüglich des Radarsensors möglich ist.

Die erste und/oder zweite Datenverarbeitungseinrichtung kann aber auch dazu eingerichtet sein, zumindest eines der zeitlich verzögerten bzw. modifizierten Radardatenpakete unverändert bereitzustellen, insbesondere an die Modifikationseinrichtung bzw. an die zweite Wandlungsvorrichtung auszugeben.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die erste und/oder die zweite Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, mehrmals, insbesondere parallel zueinander, eines der von der Verzögerungseinrichtung bereitgestellten zeitlich ver-

zögerten Radardatenpakete bzw. eines der von der Modifikationsvorrichtung bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete als erste Eingangsdaten aufzunehmen und zumindest zwei von der Zeitverzögerungseinrichtung zeitlich verzögerte bzw. von der Modifikationseinrichtung modifizierte, bereits miteinander kombinierte Radardatenpakete als
5 zweite Eingangsdaten aufzunehmen, und die aufgenommenen ersten Eingangsdaten mit den aufgenommenen zweiten Eingangsdaten zu kombinieren und jeweils als Ausgangsdaten bereitzustellen. Vorzugsweise werden die weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpakete an der Modifikationseinrichtung zur Modifikation bzw. die weiteren modifizierten Radardatenpakete an der zweiten Wandlungsvorrichtung zur Umwandlung in ent-
10 sprechende analoge verarbeitete Radarsignale zum Senden mittels der wenigstens zwei Sendeeinrichtungen auf Grundlage der Ausgangsdaten bereitzustellen. Die zeitlich verzögerten bzw. modifizierten Radardatenpakete können dadurch flexibel im Hinblick auf das Testszenario bzw. die räumliche Verteilung der zu emulierenden Objekte innerhalb des Testszenarios angepasst werden.

15 Zu diesem Zweck weist die erste und/oder die zweite Datenverarbeitungseinrichtung vorzugsweise mehrere Datenverarbeitungsmodule auf, die jeweils dazu eingerichtet sind, die ersten und zweiten Eingangsdaten aufzunehmen und miteinander zu kombinieren und jeweils als Ausgangsdaten bereitzustellen. Vorzugsweise ist die Anzahl der Datenverarbeitungsmodule durch das Produkt der Anzahl der von der Zeitverzögerungseinrichtung bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete mit der Anzahl der zu
20 emulierende Objekte des Testszenarios bzw. aus dem Produkt der Anzahl der zu emulierenden Objekte des Testszenarios mit der Anzahl der Sendeeinrichtungen gegeben. Die Datenverarbeitungsmodule können dabei vorteilhaft von einer Software gebildet werden oder Teil einer Software sein, welche die entsprechenden ersten und zweiten
25 Eingangsdaten aufnimmt und verarbeitet und die entsprechenden Ausgangsdaten ausgibt.

Die Ausgangsdaten eines der mehreren Datenverarbeitungsmodule können vorteilhaft die zweiten Eingangsdaten eines anderen der mehreren Datenverarbeitungsmodule bilden, so dass die an der Modifikationseinrichtung bereitgestellten weiteren zeitverzögerten Radardatenpakete bzw. die an der zweiten Wandlungsvorrichtung bereitgestellten
30 weiteren modifizierten Radardatenpakete kaskadenartig gebildet werden. Alternativ ist es auch möglich, der ersten und/oder zweiten Datenverarbeitungseinrichtung, insbesondere einem Datenverarbeitungsmodul, die von ihr bereitgestellten Ausgangsdaten wieder als

zweite Eingangsdaten zuzuführen, so dass die weiteren zeitverzögerten bzw. modifizierten Radardatenpakete iterativ gebildet werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die erste und/oder die zweite Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, die von der Zeitverzögerungseinrichtung zeitlich verzögerten Radardatenpakete bzw. die von der Modifikationseinrichtung modifizierten Radardatenpakete bei der Kombination miteinander zu gewichten. Dadurch können zuverlässig nahezu beliebige zeitliche Verzögerungen der Radardatenpakete bzw. Zuordnungen der Radardatenpakete zu den wenigstens zwei Sendeeinrichtungen bewirkt werden. Beispielsweise lässt sich ein modifiziertes Radardatenpaket derart gewichten und auf wenigstens zwei benachbarte Sendeeinrichtungen verteilen, dass das entsprechende analoge verarbeitete Radarsignal unter zwei verschiedenen Winkeln, insbesondere Azimut- und/oder Elevationswinkeln, vom Radarsensor empfangen und somit eine Ausdehnung des Objekts emuliert wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Radarzielemulator eine Empfangsvorrichtung mit wenigstens zwei Empfangseinrichtungen auf, die dazu eingerichtet sind, von einem Radarsensor ausgesendete analoge Radarsignale zu empfangen, wobei die erste Wandlungseinrichtung dazu eingerichtet ist, die analogen Radarsignale, insbesondere parallel, in entsprechende digitale Radardatenpakete umzuwandeln. Die wenigstens zwei Empfangseinrichtungen sind insbesondere dazu eingerichtet, vom Radarsensor in verschiedene Sendebereiche, bei verschiedenen Frequenzen und/oder mit verschiedenen Modulationsverfahren modulierte ausgesendete Radarsignale zu empfangen. Die entsprechenden digitalen Radardatenpakete können dann, insbesondere unabhängig voneinander und/oder parallel, von der Datenverarbeitungsvorrichtung verarbeitet werden, so dass ein Testszenario auch auf komplexe Radarsignale digital, insbesondere einfach, flexibel und/oder schnell, abgebildet werden kann.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft einen Prüfstand, insbesondere für ein Fahrzeug, mit einem Radarzielemulator nach dem ersten Aspekt der Erfindung. Durch den zumindest im Wesentlichen vollständig digital ausgeführten Radarzielemulator, der gegebenenfalls wenigstens zwei Empfangseinrichtungen und wenigstens zwei Sendeeinrichtungen aufweist, ist es dabei möglich, räumlich ausgedehnte und/oder komplexe Radarsignale eines Radarsensors im Prüfstand bereitzustellen bzw. zu verarbeiten, und ortsauflö-

gelöste, insbesondere bezüglich einer Azimutebene und/oder einer Elevationsebene, verarbeitete Radarsignale am Radarsensor bereitzustellen, wobei der Prüfstand keine beweglichen bzw. mechanischen Komponenten aufweist. Daher kann der Prüfstand kompakt ausgeführt sein.

- 5 Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum digitalen Verarbeiten wenigstens eines analogen Radarsignals mit den Schritten: Umwandeln des wenigstens einen analogen Radarsignals in wenigstens ein entsprechendes digitales Radardatenpaket; Bereitstellen mehrerer zeitlich verzögerter Radardatenpakete auf Grundlage des wenigstens einen digitalen Radarpakets durch eine Zeitverzögerungseinrichtung einer Daten-
- 10 verarbeitungsvorrichtung; Bereitstellen mehrerer modifizierter Radardatenpakete auf Grundlage der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete durch eine Modifikationseinrichtung der Datenverarbeitungsvorrichtung; Bereitstellen wenigstens eines analogen verarbeiteten Radarsignals durch Umwandeln der von der Datenverarbeitungsvorrichtung verarbeiteten digitalen Radardatenpakete; und Senden des wenigstens einen
- 15 analogen verarbeiteten Radarsignals.

Die in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung und dessen vorteilhafte Ausgestaltung beschriebenen Merkmale und Vorteile gelten, zumindest wo technisch sinnvoll, auch für den zweiten und dritten Aspekt der Erfindung und dessen vorteilhafte Ausgestaltung sowie umgekehrt.

- 20 Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen, die in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert. Darin zeigen wenigstens teilweise schematisch:

Fig. 1 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Prüfstands; und

Fig. 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Datenverarbeitungseinrichtung.

- 25 **Figur 1** zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Prüfstands 100, der vorzugsweise zum Prüfen eines Fahrzeugs 200 mit einem Radarsensor RS zum Senden und Empfangen von analogen Radarsignalen S, S' eingerichtet ist und einen Radarzielemulator 1 aufweist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind dabei jeweils gleiche Elemente der Figur nur einmal mit einem Bezugszeichen gekennzeichnet, und der Radarsensor

RS ist bezüglich des Aussendens von Radarsignalen S und des Empfangens von durch den Radarzielemulator 1 verarbeiteten Radarsignalen S' jeweils einmal gestrichelt dargestellt.

Der Radarzielemulator 1 ist vorzugsweise dazu eingerichtet, vom Radarsensor RS ausgesendete Radarsignale S auf Grundlage eines Testszenarios, etwa einer Verkehrssituation, in der Weise zu beeinflussen, insbesondere zu modifizieren, dass die derart verarbeiteten und an den Radarsensor RS zurück gesendeten Radarsignale S' das Testszenario abbilden. Dadurch können Komponenten des Fahrzeugs 200, deren Funktion sich auf reflektierte Radarsignale S' stützt, geprüft werden.

Der Radarsensor RS weist vorzugsweise mehrere Sendebereiche RS1, RS2 auf, die insbesondere zumindest im Wesentlichen räumlich getrennt und/oder symmetrisch bezüglich einer Achse, insbesondere einer Fahrzeuglängsachse, ausgebildet sind. Die in die Sendebereiche RS1, RS2 ausgesendeten Radarsignale S pflanzen sich dabei in unterschiedlichen Richtungen fort und können unterschiedliche Frequenzen aufweisen oder mit unterschiedlichen Modulationsverfahren moduliert sein, so dass Objekte, welche die Radarsignale S zum Radarsensor zurück reflektieren, den unterschiedlichen Sendebereichen RS1, RS2 zugeordnet und/oder mit einer hohen Ortsauflösung detektiert werden können.

Der Radarzielemulator 1 weist im gezeigten Beispiel eine Empfangsvorrichtung 2, etwa ein Antennenarray, vorzugsweise mit wenigstens zwei Empfangseinrichtungen RX, etwa drei entlang einer Linie oder auf einer Fläche verteilten Antennen, auf, die zum Empfangen der vom Radarsensor S ausgesendeten analogen Radarsignale S eingerichtet und mit einer ersten Wandlungsvorrichtung 3 verbunden ist, welche die empfangenen Radarsignale S digitalisiert und als entsprechende digitale Radardatenpakete D an eine Datenverarbeitungsvorrichtung 4, insbesondere eine Zeitverzögerungseinrichtung 5, ausgibt. Dabei wird für jedes empfangene Radarsignal S vorzugsweise ein digitales Radardatenpaket D bereitgestellt, etwa indem die erste Wandlungsvorrichtung 3 als Analog-Digital-Wandler ausgebildet ist, wobei die verschiedenen bereitgestellten digitalen Radardatenpakete D beispielsweise jeweils einem Sendebereich RS1, RS2 zugeordnet sind.

Die Zeitverzögerungseinrichtung 5 ist vorzugsweise dazu eingerichtet, die bereitgestellten digitalen Radardatenpakete D aufzunehmen und mehrfach mit unterschiedlichen zeitlichen Verzögerungen an eine erste Datenverarbeitungseinrichtung 6 auszugeben. Die Zeitverzögerungseinrichtung 5 führt die zeitliche Verzögerung, insbesondere um eine oder mehrere vorgegebene Zeitdauern, für jedes der bereitgestellten digitalen Radardatenpakete D, vorzugsweise im Wesentlichen gleichzeitig und/oder parallel, aus, d.h. im gezeigten Beispiel dreimal. Die daraufhin von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz sind der Übersichtlichkeit halber vorliegend nur für eines der bereitgestellten digitalen Radardatenpakete D gezeigt.

Die erste Datenverarbeitungseinrichtung 6 ist insbesondere dazu geeignet, auf Grundlage der zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz weitere zeitlich verzögerte Radardatenpakete Dz' bereitzustellen, etwa indem wenigstens zwei der bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz miteinander kombiniert werden. Auf Grundlage der Kombination von wenigstens zwei der bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz können somit insbesondere zusätzliche zeitlich verzögerte Radardatenpakete Dz' gebildet werden. Im gezeigten Beispiel werden die beiden von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten zeitlich verzögerten Radarsignale Dz von der ersten Datenverarbeitungseinrichtung 6 unverändert als weitere zeitlich verzögerte Radardatenpakete Dz' gemeinsam mit einem weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpaket Dz', welches etwa auf eine Kombination der beiden von der Zeitverzögerungseinrichtung 6 bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz basiert, bereitgestellt. Die Anzahl der von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten Radardatenpakete Dz kann sich daher von der Anzahl der von der ersten Datenverarbeitungseinrichtung 6 bereitgestellten weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz' unterscheiden.

Die erste Datenverarbeitungseinrichtung 6 ist insbesondere dazu eingerichtet, anhand der Kombination von wenigstens zwei der von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten Radardatenpakete Dz eine ausreichende Anzahl an weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpaketen Dz' bereitzustellen, um eine Abbildung des Testszenarios durch die Modifikation der Radardatenpakete Dz' durch die Modifikationseinrichtung 7 zu ermöglichen. Insbesondere stellt die erste Datenverarbeitungseinrichtung 6 anhand der Kombination von wenigstens zwei der von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten Radardatenpakete Dz für jedes zu emulierende Objekt des Testszenarios jeweils

ein weiteres zeitlich verzögertes Radardatenpaket Dz' bereit, wodurch jedem dieser Objekte ein von der zeitlichen Verzögerung des jeweiligen bereitgestellten Radardatenpakets Dz' abhängiger virtueller Abstand zugeordnet wird.

Nach der beschriebenen Modifikation auf Basis des Testszenarios werden die von der
5 Modifikationseinrichtung 7 bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete Dm von einer zweiten Datenverarbeitungseinrichtung 8 aufgenommen und gegebenenfalls miteinander kombiniert, um an eine Sendevorrichtung 10, etwa ein Antennenarray, mit wenigstens zwei Sendeeinrichtungen TX, im vorliegenden Beispiel etwa vier entlang einer Linie oder auf einer Fläche angeordneten Antennen, nach Umwandlung durch eine zweite Wand-
10 lungsvorrichtung 9 als analoges verarbeitetes Radarsignal S' ausgegeben zu werden.

Die modifizierten Radardatenpakete Dm , die vorzugsweise jeweils ein emuliertes Objekt des Testszenarios charakterisieren, werden von der zweiten Datenverarbeitungseinrichtung 8 insbesondere unter Berücksichtigung einer räumlichen Verteilung der emulierten Objekte im Testszenario als weitere modifizierte Radardatenpakete Dm' ausgegeben
15 bzw. bereitgestellt. Die Ausgabe bzw. Bereitstellung erfolgt beispielsweise derart, dass die weiteren modifizierten Radardatenpakete Dm' bzw. die entsprechenden analogen verarbeiteten Radarsignale S' gemäß einer Anordnung der emulierten Objekte im Testszenario auf die Sendeeinrichtungen TX verteilt bzw. den Sendeeinrichtungen TX zugeordnet werden. Daher kann sich die Anzahl der von der Modifikationseinrichtung 7 be-
20 reitgestellten modifizierten Radardatenpakete Dm von der Anzahl der nach Verarbeitung in der zweiten Datenverarbeitungseinrichtung 8 bereitgestellten weiteren modifizierten Radardatenpakete Dm' bzw. der entsprechenden analogen verarbeiteten Radarsignale S' unterscheiden. Dabei entspricht die Anzahl der von der Modifikationseinrichtung 7 bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete Dm vorzugsweise der Anzahl an zu
25 emulieren Objekten des Testszenarios, während die Anzahl der von der zweiten Datenverarbeitungseinrichtung 8 bereitgestellten weiteren modifizierten Radardatenpakete Dm bzw. der entsprechenden analogen verarbeiteten Radarsignale S' von der angestrebten räumlichen lateralen Verteilung der emulierten Objekte abhängt.

Die Bereitstellung bzw. Ausgabe der weiteren modifizierten Radardatenpakete Dm'
30 durch die zweite Datenverarbeitungseinrichtung 8 an den bzw. die Sendeeinrichtungen TX ermöglicht dabei insbesondere die Abbildung eines simulierten Objekts bezüglich des

Radarsensors RS unter einem durch die räumliche Position der Sendeeinrichtungen TX bestimmten Winkel, insbesondere Azimutwinkel und/oder Elevationswinkel. Die zweite Datenverarbeitungseinrichtung 8 kann auch dazu eingerichtet sein, wenigstens eines der bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete D_m an mehreren, insbesondere be-

5 nachbarten, Sendeeinrichtungen TX bereitzustellen, wodurch bezüglich des Radarsensors RS eine Ausdehnung des durch das modifizierte Radardatenpaket D_m charakterisierten emulierten Objekts abgebildet wird. Ebenso ist es möglich, die modifizierten Radardatenpakete D_m den Sendeeinrichtungen TX dynamisch zuzuordnen, so dass eine Bewegung der entsprechenden emulierten Objekte abgebildet wird.

10 Die Datenverarbeitungsvorrichtung 4 weist vorzugsweise wenigstens einen Prozessor und wenigstens einen Speicher auf, so dass die Zeitverzögerungseinrichtung 5, die erste und zweite Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 und die Modifikationseinrichtung 7 als Softwaremodule auf der Datenverarbeitungsvorrichtung 4 ausführbar sind. Zwischen der Verarbeitung der digitalen Radardatenpakete D , D_z , D_z' , D_m , D_m' durch die genannten

15 Softwaremodule auf dem Prozessor können die digitalen Radardatenpakete D , D_z , D_z' , D_m , D_m' auf dem Speicher zumindest temporär gespeichert werden. Dies ermöglicht eine flexible, kostengünstige, zuverlässige und schnelle Darstellung des Testszenarios bezüglich des Radarsensors RS durch die auf den ausgesendeten analogen Radarsignalen S basierenden analogen verarbeiteten Radarsignale S' .

20 **Figur 2** zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8, die bereitgestellte digitale Radardatenpakete, im gezeigten Beispiel von einer Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellte zeitlich verzögerte Radardatenpakete D_{z1} , D_{z2} , D_{z3} , D_{z4} aufnimmt und dazu eingerichtet ist, wenigstens zwei der aufgenommenen Radardatenpakete miteinander zu kombinieren und/oder, im gezeigten Beispiel an eine

25 Modifikationseinrichtung 7, auszugeben. Alternativ kann die Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 auch von der Modifikationseinrichtung 7 bereitgestellte modifizierte Radardatenpakete aufnehmen und an eine Wandlungsvorrichtung ausgeben. Bei der gezeigten Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 kann es sich insbesondere um die in Figur 1 gezeigte erste oder zweite Datenverarbeitungseinrichtung handeln. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in Figur 2 gleiche Elemente nur einmal mit einem Bezugszeichen gekennzeichnet.

30

Die Funktion der Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 ist vorzugsweise äquivalent zur Funktion einer sog. Schaltmatrix, in der an mehreren Eingängen der Schaltmatrix anliegende Signale nacheinander durch einzelne Matrixelemente der Schaltmatrix geleitet und dabei verarbeitet, insbesondere aufgeteilt, verstärkt oder gedämpft und/oder miteinander kombiniert werden.

Vorzugsweise arbeitet die Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 kaskadenartig. Zu diesem Zweck weist die Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 mehrere Datenverarbeitungsmodulen 11, 11a, 11b, 11c, 11d auf, die jeweils erste und zweite Eingangsdaten E1, E2 aufnehmen, gegebenenfalls miteinander kombinieren und als Ausgangsdaten A bereitstellen bzw. ausgeben können. Die ersten Eingangsdaten E1 werden dabei insbesondere von einem der mehreren bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz1 – Dz4 gebildet, und die zweiten Eingangsdaten E2 werden insbesondere von einem anderen der Radardatenpakete Dz1 – Dz4 oder von wenigstens zwei bereits miteinander kombinierten zeitlich verzögerten Radardatenpaketen Dz1 – Dz4 gebildet.

Dies ist beispielhaft für die vier Datenverarbeitungsmodulen 11a - 11d gezeigt. Die Kombination von ersten und zweiten Eingangsdaten E1, E2 ist durch einen ausgefüllten schwarzen Kreis angedeutet. Die gepunkteten Linien veranschaulichen den Zusammenhang der von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz1 – Dz4 mit den durch die Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 an die Modifikationseinrichtung 7 ausgegebenen weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz'.

Im ersten Datenverarbeitungsmodul 11a werden die ersten Eingangsdaten E1 vom zweiten zeitlich verzögerten Radardatenpaket Dz2 und die zweiten Eingangsdaten E2 vom ersten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz1 gebildet, miteinander kombiniert und als Ausgangsdaten A an das zweite Datenverarbeitungsmodul 11b ausgegeben. Die vom ersten Datenverarbeitungsmodul 11a ausgegebenen Ausgangsdaten A bilden im zweiten Datenverarbeitungsmodul 11b die zweiten Eingangsdaten E2, und die ersten Eingangsdaten E1 werden vom dritten zeitlich verzögerten Radardatenpaket Dz3 gebildet. Die im zweiten Datenverarbeitungsmodul 11b miteinander kombinierten ersten und zweiten Eingangssignale E1, E2 werden als Ausgangsdaten A an das dritte Datenverarbeitungsmodul 11c ausgegeben und von diesem wiederum als zweite Eingangsdaten

E2 aufgenommen. Die Kombination dieser zweiten Eingangsdaten E2 mit den ersten Eingangsdaten E1, die vom vierten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz4 gebildet werden, wird im dritten Datenverarbeitungsmodul 11c schließlich als ein weiteres zeitlich verzögertes Radardatenpaket Dz' an die Modifikationseinrichtung 7 ausgegeben. Insgesamt enthält das derart ausgegebene weitere zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz' also Anteile aller vier zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz1 - Dz4.

Im vierten Datenverarbeitungsmodul 11d bildet das erste zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz1 die zweiten Eingangsdaten E2, und das dritte zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz3 bildet die ersten Eingangsdaten E1. Die Kombination des ersten und zweiten Eingangssignals E1, E2 wird als Ausgangsdaten A bzw. als weiteres zeitlich verzögertes Radardatenpaket Dz' an die Modifikationseinrichtung 7 ausgegeben. Insgesamt enthält das derart ausgegebene weitere zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz' also nur Anteile des ersten und dritten zeitlich verzögerten Radardatenpakets Dz1, Dz3.

Die übrigen, nicht näher bezeichneten Datenverarbeitungsmodule 11 führen im gezeigten Beispiel keine Operation an den von der Zeitverzögerungseinrichtung 5 bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpaketen Dz oder an Kombinationen hieraus durch. Das von der Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8 an die Modifikationseinrichtung 7 ausgegebene weitere zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz' wird daher ausschließlich durch das erste zeitlich verzögerte Radardatenpaket Dz1 gebildet.

Der Fachmann versteht, dass sie vorstehenden Erläuterungen in Bezug auf die Datenverarbeitungsmodule 11, 11a – 11d als rein beispielhaft zu verstehen sind und durch die Datenverarbeitungseinrichtung 6, 8, insbesondere durch die Datenverarbeitungsmodule 11, auch beliebige andere Kombinationen der bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete Dz1 – Dz4 möglich sind.

Bezugszeichenliste

1	Radarzielemulator
2	Empfangsvorrichtung
3	erste Wandlungsvorrichtung
4	Datenverarbeitungsvorrichtung
5	Zeitverzögerungseinrichtung
6	erste Datenverarbeitungseinrichtung
7	Modifikationseinrichtung
8	zweite Datenverarbeitungseinrichtung
9	zweite Wandlungsvorrichtung
10	Sendevorrichtung
11	Datenverarbeitungsmodul
11a – 11d	erstes bis viertes Datenverarbeitungsmodul
100	Prüfstand
200	Fahrzeug
RS	Radarsensor
RS1, RS2	Sendebereiche
RX	Empfangseinrichtung
TX	Sendeeinrichtung
S	analoges Radarsignal
S'	verarbeitetes analoges Radarsignal
D	digitales Radardatenpaket
Dz	zeitlich verzögertes Radardatenpaket
Dz'	weiteres zeitlich verzögertes Radardatenpaket
Dz1 – Dz4	erstes bis viertes zeitlich verzögertes Radardatenpaket
Dm	modifiziertes Radardatenpaket
Dm'	weiteres modifiziertes Radardatenpaket
E1, E2	erste, zweite Eingangsdaten
A	Ausgangsdaten

Patentansprüche

1. Radarzielemulator (1), insbesondere zum digitalen Verarbeiten wenigstens eines analogen Radarsignals (S), aufweisend:
 - eine erste Wandlungsvorrichtung (3), welche dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine analoge Radarsignal (S) in wenigstens ein entsprechendes digitales Radardatenpaket (D) umzuwandeln;
 - eine Datenverarbeitungsvorrichtung (4), die eine Zeitverzögerungseinrichtung (5) und eine Modifikationseinrichtung (7) aufweist, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, auf Grundlage des wenigstens einen digitalen Radardatenpakets (D) mehrere zeitlich verzögerte Radardatenpakete (Dz) bereitzustellen, und die Modifikationseinrichtung (7) dazu eingerichtet ist, auf Grundlage der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) mehrere modifizierte Radardatenpakete (Dm) bereitzustellen;
 - eine zweite Wandlungsvorrichtung (9), welche dazu eingerichtet ist, analoge verarbeitete Radarsignale (S') durch Umwandeln der von der Datenverarbeitungsvorrichtung (4) verarbeiteten digitalen Radardatenpakete (D) bereitzustellen; und
 - eine Sendevorrichtung (10) mit wenigstens zwei Sendeeinrichtungen (TX), die dazu eingerichtet sind, die von der zweiten Wandlungsvorrichtung (9) bereitgestellten analogen verarbeiteten Radarsignale (S') zu senden.
2. Radarzielemulator (1) nach Anspruch 1, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine digitale Radardatenpaket (D) mehrmals zeitlich um eine oder mehrere vorgegebene Zeitdauern zu verzögern.
3. Radarzielemulator (1) nach Anspruch 2, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, wenigstens eines der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) durch erneute zeitliche Verzögerung eines bereits zuvor zeitlich verzögerten Radardatenpakets (Dz) bereitzustellen.
4. Radarzielemulator (1) nach Anspruch 2, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine digitale Radardatenpaket (D) zumindest temporär zu speichern und in Intervallen, welche durch die eine vorge-

gebene Zeitdauer oder die mehreren vorgegebenen Zeitdauern gekennzeichnet sind, bereitzustellen.

5. Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Zeitverzögerungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, das wenigstens eine Radardatenpaket (D) unter Berücksichtigung einer Verarbeitungszeit, die benötigt wird, um das Radardatenpaket (D) in der Datenverarbeitungsvorrichtung (4) weiter zu verarbeiten, zeitlich zu verzögern.
6. Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (4) eine erste Datenverarbeitungseinrichtung (6) aufweist, die dazu eingerichtet ist, zumindest zwei der mehreren von der Verzögerungseinrichtung (5) zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) miteinander zu kombinieren und als weiteres zeitlich verzögertes Radardatenpaket (Dz') bereitzustellen, insbesondere an die Modifikationseinrichtung (7) auszugeben.
7. Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (4) eine zweite Datenverarbeitungseinrichtung (8) aufweist, die dazu eingerichtet ist, zumindest zwei der von der Modifikationseinrichtung (7) modifizierten Radardatenpakete (Dm) miteinander zu kombinieren und als weiteres modifiziertes verzögertes Radardatenpaket (Dm') bereitzustellen, insbesondere an die zweite Wandlungsvorrichtung (9) auszugeben.
8. Radarzielemulator (1) nach Anspruch 6 oder 7, wobei die erste und/oder die zweite Datenverarbeitungseinrichtung (6, 8) dazu eingerichtet ist, mehrmals, insbesondere parallel zueinander,
 - eines der von der Verzögerungseinrichtung (5) bereitgestellten zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) bzw. eines der von der Modifikationsvorrichtung (7) bereitgestellten modifizierten Radardatenpakete (Dm) als erste Eingangsdaten (E1) aufzunehmen und zumindest zwei von der Zeitverzögerungseinrichtung (5) zeitlich verzögerte bzw. von der Modifikationseinrichtung (7) modifizierte, bereits miteinander kombinierte Radardatenpakete (Dz, Dm) als zweite Eingangsdaten (E2) aufzunehmen,
 - die aufgenommenen ersten Eingangsdaten (E1) mit den aufgenommenen zweiten Eingangsdaten (E2) zu kombinieren und jeweils als Ausgangsdaten (A) bereitzustellen, und

- auf Grundlage der Ausgangsdaten (A) die weiteren zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz') an der Modifikationseinrichtung (7) zur Modifikation bzw. die weiteren modifizierten Radardatenpakete (Dm') an der zweiten Wandlungsvorrichtung (9) zur Umwandlung in entsprechende analoge verarbeitete Radarsignale (S') zum Senden mittels der wenigstens zwei Sendeeinrichtungen (TX) bereitzustellen.
9. Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die erste und/oder die zweite Datenverarbeitungseinrichtung (6, 8) dazu eingerichtet ist, die von der Zeitverzögerungseinrichtung (5) zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) bzw. die von der Modifikationseinrichtung (7) modifizierten Radardatenpakete (Dm) bei der Kombination miteinander zu gewichten.
 10. Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweisend eine Empfangsvorrichtung (2), vorzugsweise mit wenigstens zwei Empfangseinrichtungen (RX), die dazu eingerichtet ist, von einem Radarsensor (RS) ausgesendete analoge Radarsignale (S) zu empfangen, wobei die erste Wandlungseinrichtung (3) dazu eingerichtet ist, die analogen Radarsignale (S), insbesondere parallel, in entsprechende digitale Radardatenpakete (D) umzuwandeln.
 11. Prüfstand (100), insbesondere für ein Fahrzeug (200), mit einem Radarzielemulator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
 12. Verfahren zum digitalen Verarbeiten wenigstens eines analogen Radarsignals (S) mit den Schritten:
 - Umwandeln des wenigstens einen analogen Radarsignals (S) in wenigstens ein entsprechendes digitales Radardatenpaket (D);
 - Bereitstellen mehrerer zeitlich verzögerter Radardatenpakete (Dz) auf Grundlage des wenigstens einen digitalen Radarpakets (D) durch eine Zeitverzögerungseinrichtung (5) einer Datenverarbeitungsvorrichtung (4);
 - Bereitstellen mehrerer modifizierter Radardatenpakete (Dm) auf Grundlage der mehreren zeitlich verzögerten Radardatenpakete (Dz) durch eine Modifikationseinrichtung (7) der Datenverarbeitungsvorrichtung (4);

- Bereitstellen wenigstens eines analogen verarbeiteten Radarsignals (S') durch Umwandeln der von der Datenverarbeitungsvorrichtung (4) verarbeiteten digitalen Radardatenpakete (D); und
- Senden des wenigstens einen analogen verarbeiteten Radarsignals (S').

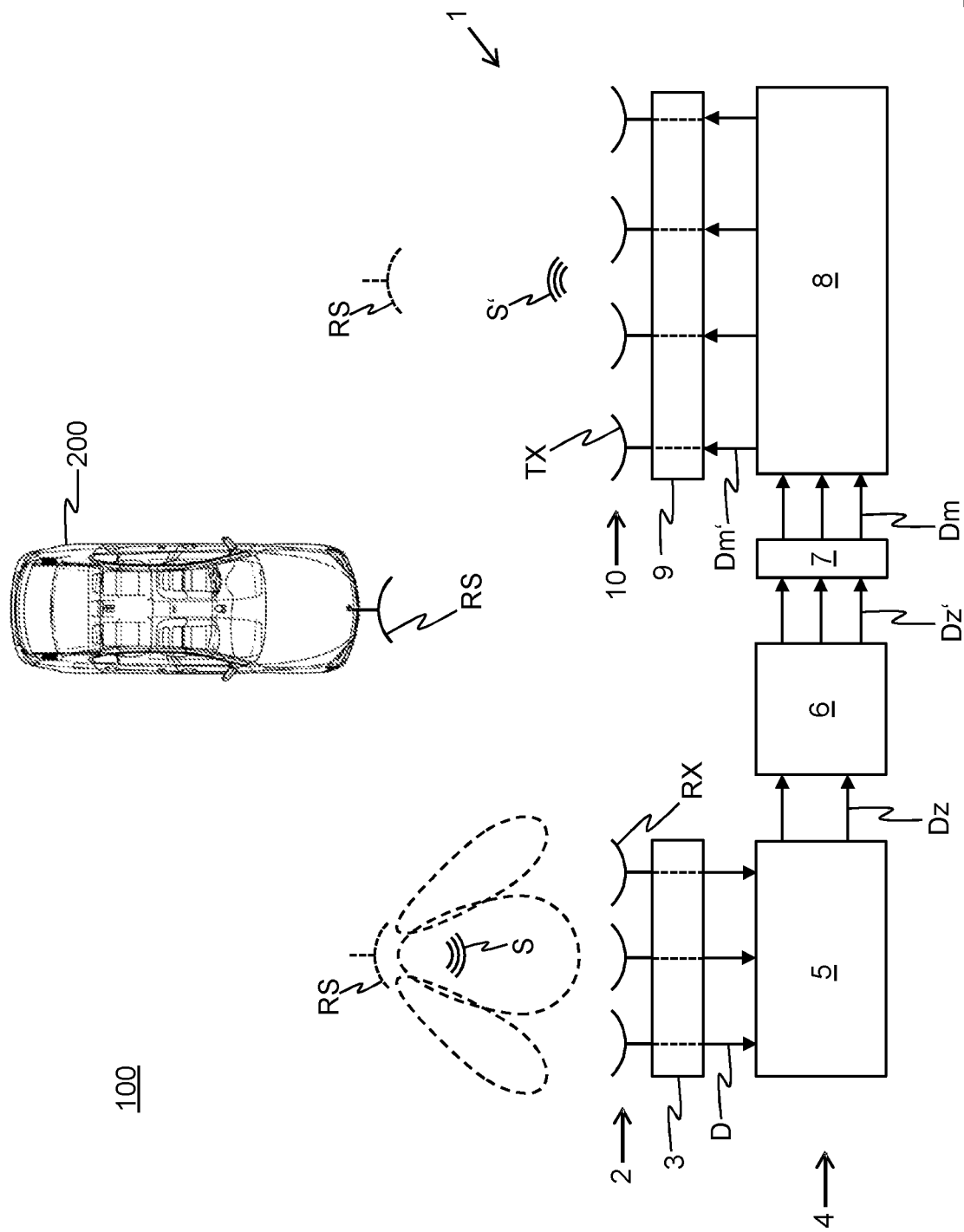


Fig. 1

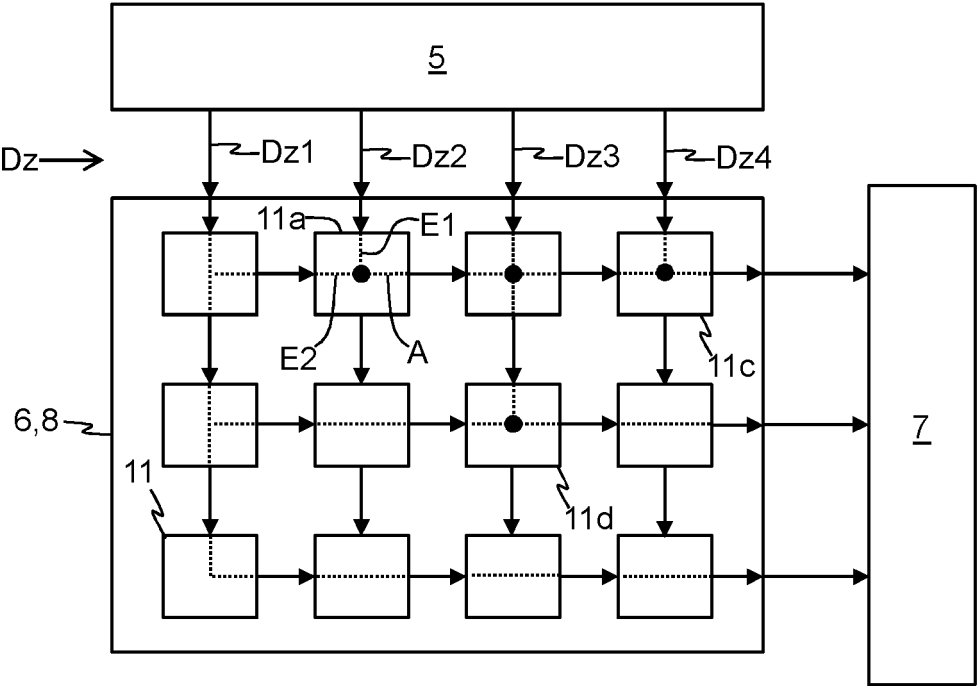


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2018/060237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 7/40**(2006.01)i; **G06G 7/78**(2006.01)i; **G01S 13/93**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S; G06N; G06G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102015121297 A1 (HOCHSCHULE TRIER [DE]) 09 March 2017 (2017-03-09)	1-7,11,12
Y	paragraphs [0001], [0026], [0027], [0029] - paragraphs [0031], [0044], [0047], [0049]	8-10
X	MCMILLIAN G ET AL. "A 500 MHz GaAs digital RF memory modulator IC" <i>GALLIUM ARSENIDE INTEGRATED CIRCUIT (GAAS IC) SYMPOSIUM, 1996. TECHNICAL DIGEST 1996., 18TH ANNUAL ORLANDO, FL, USA 3-6 NOV. 1996, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 03 November 1996 (1996-11-03), pages 73-76</i> DOI: 10.1109/GAAS.1996.567734 ISBN: 978-0-7803-3504-2. XP032378929 the whole document	1,4,12
Y	US 2017115378 A1 (HAGHIGHI KASRA [SE] ET AL.) 27 April 2017 (2017-04-27) paragraph [0106] - paragraph [0107]; figure 2 paragraph [0134] - paragraph [0169]	8-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 November 2018

Date of mailing of the international search report

05 December 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Beer, Mark

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/AT2018/060237

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102015121297	A1	09 March 2017	NONE	
US	2017115378	A1	27 April 2017	CN 107003398 A	01 August 2017
				DE 112016000274 T5	12 October 2017
				EP 3365699 A1	29 August 2018
				JP 6385581 B2	05 September 2018
				JP 2018507385 A	15 March 2018
				KR 20170069246 A	20 June 2017
				SE 1551370 A1	07 February 2017
				SE 1651383 A1	23 April 2017
				SE 1750342 A1	23 April 2017
				US 9575161 B1	21 February 2017
				US 2017115378 A1	27 April 2017
				US 2017307732 A1	26 October 2017
				WO 2017069695 A1	27 April 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01S7/40 G06G7/78
 ADD. G01S13/93

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01S G06N G06G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2015 121297 A1 (HOCHSCHULE TRIER [DE]) 9. März 2017 (2017-03-09)	1-7,11, 12
Y	Absätze [0001], [0026], [0027], [0029] - Absätze [0031], [0044], [0047], [0049]	8-10
X	----- MCMILLIAN G ET AL: "A 500 MHz GaAs digital RF memory modulator IC", GALLIUM ARSENIDE INTEGRATED CIRCUIT (GAAS IC) SYMPOSIUM, 1996. TECHNIC AL DIGEST 1996., 18TH ANNUAL ORLANDO, FL, USA 3-6 NOV. 1996, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 3. November 1996 (1996-11-03), Seiten 73-76, XP032378929, DOI: 10.1109/GAAS.1996.567734 ISBN: 978-0-7803-3504-2 das ganze Dokument ----- -/-	1,4,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. November 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/12/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beer, Mark

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2017/115378 A1 (HAGHIGHI KASRA [SE] ET AL) 27. April 2017 (2017-04-27) Absatz [0106] - Absatz [0107]; Abbildung 2 Absatz [0134] - Absatz [0169] -----	8-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2018/060237

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015121297 A1	09-03-2017	KEINE	

US 2017115378 A1	27-04-2017	CN 107003398 A	01-08-2017
		DE 112016000274 T5	12-10-2017
		EP 3365699 A1	29-08-2018
		JP 6385581 B2	05-09-2018
		JP 2018507385 A	15-03-2018
		KR 20170069246 A	20-06-2017
		SE 1551370 A1	07-02-2017
		SE 1651383 A1	23-04-2017
		SE 1750342 A1	23-04-2017
		US 9575161 B1	21-02-2017
		US 2017115378 A1	27-04-2017
		US 2017307732 A1	26-10-2017
		WO 2017069695 A1	27-04-2017
