



(10) **DE 10 2021 123 159 A1** 2022.03.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 123 159.0**

(22) Anmeldetag: **07.09.2021**

(43) Offenlegungstag: **10.03.2022**

(51) Int Cl.: **G01C 21/32 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

17/014,075 **08.09.2020** **US**

(71) Anmelder:

NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, US

(74) Vertreter:

Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbB, 80539 München, DE

(72) Erfinder:

Jain, Vikas Ashok, Santa Clara, CA, US; Shelke, Samir Sukhdeo, Santa Clara, CA, US

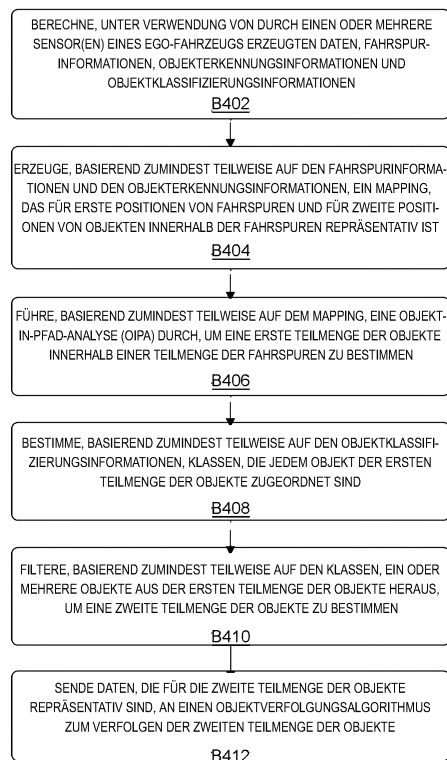
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ADAPTIVER OBJEKTVERFOLGUNGSLGORITHMUS FÜR AUTONOME MASCHINENANWENDUNGEN**

(57) Zusammenfassung: In verschiedenen Beispielen können Spurpositionskriterien und Objektklassenkriterien verwendet werden, um eine Gruppe von zu verfolgenden Objekten in einer Umgebung zu bestimmen. So können beispielsweise Fahrspurinformationen, Freirauminformationen und/oder Objekterkennungsinformationen verwendet werden, um aus den mit einem Objekterkennungsalgorithmus erkannten Objekten nicht wesentliche Objekte (z.B. Objekte, die sich nicht in einer Ego-Spur oder in benachbarten Fahrspuren befinden) herauszufiltern oder zu verwerfen. Darüber hinaus können Objekte, die unwesentlichen Objektklassen entsprechen, herausgefiltert werden, um eine endgültige gefilterte Menge von zu verfolgenden Objekten zu erzeugen, deren Anzahl geringer sein kann als die tatsächliche Anzahl der erkannten Objekte. Infolgedessen kann die Objektverfolgung nur auf der endgültigen gefilterten Menge von Objekten ausgeführt werden, wodurch die Rechenanforderungen und die Laufzeit des Systems verringert werden, ohne die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Objektverfolgung in Bezug auf relevantere Objekte zu beeinträchtigen.

400



Beschreibung**HINTERGRUND**

[0001] Autonome Fahrsysteme und fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme (ADAS; advanced driver assistance systems) können Sensoren wie Kameras, LIDAR-Sensoren, RADAR-Sensoren usw. nutzen, um verschiedene Aufgaben wie Objekterkennung, Objektverfolgung, Spurhaltung, Spurwechsel, Spurzuweisung, Kamerakalibrierung, Abbiegen, Wegplanung und Lokalisierung durchzuführen. Damit autonome und ADAS-Systeme unabhängig und effizient arbeiten können, muss beispielsweise ein Verständnis der Umgebung des Fahrzeugs in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit erzeugt werden. Wesentlich für dieses Verständnis ist die Objektverfolgung, bei der der Standort von Objekten im Laufe der Zeit verwendet werden kann, um das autonome System über Bewegungsmuster von Objekten in der Umgebung, Standorte von Objekten in der Umgebung, künftige geschätzte Standorte von Objekten in der Umgebung und dergleichen zu informieren.

[0002] Die Informationen über verfolgte Objekte können sich beispielsweise als nützlich erweisen, wenn es um Wegplanung, Hindernisvermeidung und/oder Steuerungsentscheidungen geht. Je dichter die Umgebung und je komplexer die zu verarbeitende Szene wird - wie z.B. in städtischen und/oder halbstädtischen Fahrumgebungen -, desto wichtiger kann es für den sicheren Betrieb des Fahrzeugs sein, die Position von Objekten im Zeitverlauf zu kennen. Herkömmliche Systeme zur Objektverfolgung - etwa solche, die bildbasierte Objektverfolgungsverfahren einsetzen - erkennen und verfolgen jedoch jedes Objekt in der Umgebung des Fahrzeugs. Dies gilt unabhängig von der Lage des Objekts, der Bewegungsrichtung des Objekts und/oder der Bedeutung des Objekts für Entscheidungen über ein sicheres und effektives Fahren des Fahrzeugs. Mit zunehmender Anzahl der erkannten Objekte - z.B. in komplexeren Fahrscenen - steigen die Anforderungen an die Rechenressourcen und die Verarbeitungszeiten bis zu einem Punkt, an dem ein Echtzeit- oder echtzeitnaher Einsatz des Systems mit einem akzeptablen Sicherheitsniveau unerreichbar wird.

KURZBESCHREIBUNG

[0003] Ausführungsformen der Erfindung beziehen sich auf adaptive Objektverfolgungsalgorithmen für autonome Maschinenanwendungen. Es werden Systeme und Verfahren offenbart, die Objekte erkennen und dann erkannte Objekte herausfiltern, um den Rechenaufwand zu reduzieren und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen - wie die Objektverfolgung - in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit zu verringern. Im Gegensatz zu konventionellen Systemen, wie den oben beschriebenen, können die

Systeme und Verfahren der Erfindung Kriterien für die Position der Fahrspur und/oder Kriterien für die wesentlichen Objektklassen verwenden, um eine Teilmenge von erkannten Objekten herauszufiltern, die für eine genaue und zuverlässige Objektverfolgung weniger wichtig sind. Infolgedessen kann eine gezieltere Teilmenge der erkannten Objekte für die Objektverfolgung verarbeitet werden, was wiederum den Rechenaufwand und die Laufzeit des Systems verringert.

[0004] So können beispielsweise Fahrspurinformationen, Freirauminformationen und/oder semantische Informationen oder Ortsinformationen von Objekten verwendet werden, um erkannte Objekte Fahrspuren zuzuordnen und unwichtige Objekte vor der Verarbeitung durch einen Objektverfolger herauszufiltern. Ein Spurdiagramm kann unter Verwendung von Spurinformationen und/oder Freirauminformationen erstellt werden, um die Positionen und Posen der erkannten Spuren darzustellen und die Lokalisierung des Ego-Fahrzeugs und anderer erkannter Objekte in der Umgebung zu unterstützen. Positionen der erkannten Fahrspuren können auf Positionen der erkannten Objekte innerhalb der entsprechenden Fahrspuren gemappt bzw. abgebildet oder zugeordnet werden, und die unwesentlichen Objekte können auf der Grundlage dieses Mappings bzw. dieser Abbildung oder Zuordnung und der Kriterien für die Position der Fahrspur aus den erkannten Objekten herausgefiltert werden. Beispielsweise können die Kriterien für die Position der Fahrspuren wesentliche Fahrspuren angeben (z.B. die Ego-Spur, die rechte Nachbarspur der Ego-Spur, die linke Nachbarspur der Ego-Spur usw.), auf denen wesentliche Objekte zu verfolgen sind, und Objekte auf nicht wesentlichen Fahrspuren können herausgefiltert werden, um eine gefilterte Objektmenge zu erzeugen. Die gefilterte Menge von Objekten, die nicht wesentlichen Objektklassen zugeordnet sind (z.B. Fußgänger, Ampeln, Stoppschilder, Tiere, bestimmte Fahrzeugklassen usw.), kann ebenfalls herausgefiltert werden. Auf diese Weise kann die Effizienz des Systems ohne Qualitäts- oder Zuverlässigkeitseinbußen erhöht werden, da nur Objekte, die mit wesentlichen Objektklassen (z.B. Autos, Lastwagen, Motorradfahrer, Radfahrer) assoziiert sind und die sich auf wesentlichen Fahrspuren befinden, einem Objektverfolger zur Verfolgung zur Verfügung gestellt werden können.

[0005] Infolge der Verringerung der Anzahl der Objekte, die im Laufe der Zeit verfolgt werden müssen, kann der Prozess der Erkennung und Verfolgung von Objekten vergleichsweise weniger zeitaufwändig, weniger rechenintensiv und besser skalierbar sein, da die von einem Objektverfolger zu verarbeitende Datenmenge reduziert wird. Außerdem kann durch die Verringerung der pro Bild übertragenen Datenmenge die Anzahl der pro Sekunde verar-

beiteten Bilder erhöht werden, um in der gleichen Zeit zusätzliche Ergebnisse zu erzielen, wodurch sich die Granularität der Objektverfolgungsberechnungen des Systems erhöht.

Figurenliste

[0006] Die vorliegenden Systeme und Verfahren für adaptive Objektverfolgungsalgorithmen für autonome Maschinenanwendungen werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen detailliert beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1A ein beispielhaftes Datenflussdiagramm, das einen beispielhaften Prozess zur Objektverfolgung veranschaulicht, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 1 B ein beispielhaftes Datenflussdiagramm, das einen beispielhaften Prozess zum Filtern von zu verfolgenden Objekten zeigt, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines beispielhaften Objektverfolgungssystems, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 3A eine Darstellung einer beispielhaften Zuordnung zwischen erkannten Objekten und erkannten Fahrspuren, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 3B eine Darstellung eines Beispiels für einen gefilterten Satz von Objekten, der von einem Objektfilter auf der Grundlage von Fahrspurinformationen erzeugt wurde, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 3C eine Darstellung einer beispielhaften verbleibenden Liste von Objekten, die von dem Objektfilter auf der Grundlage einer Objektklasse erzeugt wurde, gemäß Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 4 ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Erkennung von Objekten und zum anschließenden Herausfiltern erkannter Objekte zeigt, um den Rechenaufwand zu verringern und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen zu verkürzen, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 5 ein Flussdiagramm, das ein Verfahren 500 zur Erkennung von Objekten und zum anschließenden Herausfiltern erkannter Objekte zeigt, um den Rechenaufwand zu verringern und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen zu verkürzen, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 6A eine Darstellung eines beispielhaften autonomen Fahrzeugs, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 6B ein Beispiel für Kamerapositionen und Sichtfelder für das beispielhafte autonome Fahrzeug von **Fig. 6A**, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 6C ein Blockdiagramm einer beispielhaften Systemarchitektur für das beispielhafte autonome Fahrzeug von **Fig. 6A**, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 6D ein Systemdiagramm für die Kommunikation zwischen (einem) Cloud-basierten Server (n) und dem beispielhaften autonomen Fahrzeug von **Fig. 6A**, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 7 ein Blockdiagramm eines beispielhaften Computergeräts, das zur Verwendung bei der Implementierung einiger Ausführungsformen der Erfindung geeignet ist; und

Fig. 8 ein Blockdiagramm eines beispielhaften Rechenzentrums, das sich für die Implementierung einiger Ausführungsformen der Erfindung eignet.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0007] Es werden Systeme und Verfahren im Zusammenhang mit einem adaptiven Objektverfolgungsalgorithmus für autonome Maschinenanwendungen offenbart. Obwohl die Erfindung in Bezug auf ein Beispiel für ein autonomes Fahrzeug 600 (hier alternativ als „Fahrzeug 600“ oder „Ego-Fahrzeug 600“ bezeichnet, von dem ein Beispiel hierin in Bezug auf **Fig. 6A-6D** beschrieben wird), ist dies nicht als Beschränkung zu verstehen. Beispielsweise können die hierin beschriebenen Systeme und Verfahren von nicht-autonomen Fahrzeugen, halbautonomen Fahrzeugen (z.B. in einem oder mehreren fortschrittlichen Fahrerassistenzsystemen (ADAS)), Robotern, Lager- oder Fabrikfahrzeugen oder -maschinen, Geländefahrzeugen, Luftfahrzeugen, Booten und/oder anderen Fahrzeugtypen verwendet werden. Auch wenn die Erfindung in Bezug auf autonomes Fahren beschrieben wird, ist dies nicht als Beschränkung zu verstehen. Die hierin beschriebenen Systeme und Verfahren können beispielsweise in der Robotik (z.B. Objekterkennung und -verfolgung für die Robotik), in Flugsystemen (z.B. Objekterkennung und -verfolgung für eine Drohne oder ein anderes Luftfahrzeug), in Bootssystemen (z.B. Objekterkennung und -verfolgung für Wasserfahrzeuge), in Simulationsumgebungen (z.B. zur Simulation der Objekterkennung und -verfolgung virtueller Fahrzeuge in einer virtuellen Simulationsumgebung) und/oder in anderen Technologiebereichen eingesetzt werden, etwa zur Objekterkennung und -verfolgung.

[0008] Im Gegensatz zu den herkömmlichen Techniken bieten die aktuellen Systeme und Verfahren

Techniken zur Erkennung von Objekten und zum Herausfiltern von erkannten Objekten, um den Rechenaufwand zu reduzieren und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen - wie die Objektverfolgung - zu verringern. Beispielsweise können Ausgaben von verschiedenen Sensoren (z.B. Kameras, RADAR-Sensoren, LIDAR-Sensoren usw.) eines Fahrzeugs in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit verarbeitet werden - z.B. unter Verwendung eines oder mehrerer Computer-Vision-Algorithmen, Modelle maschinellen Lernens und/oder tiefer neuronaler Netzwerke bzw. Deep Neural Networks (DNNs) -, um nicht benötigte Objekte vor der Ausführung eines Verfolgungsalgorithmus zur Verfolgung der Objekte in der Umgebung auszusondern. Beispielsweise kann eine Live-Wahrnehmung des Fahrzeugs genutzt werden, um Objekte nur in der aktuellen Fahrspur des Fahrzeugs, einer Fahrspur unmittelbar rechts von der aktuellen Fahrspur des Fahrzeugs und/oder einer Fahrspur unmittelbar links von der aktuellen Fahrspur des Fahrzeugs zu erkennen und zu klassifizieren. Auf diese Weise können Ausgaben von einem oder mehreren Algorithmen - wie z. B. einem Fahrspurerkennungsalgorithmus, einem Objekterkennungs- und Klassifizierungsalgorithmus und/oder einem Freiraumerkennungsalgorithmus - verwendet werden, um wichtige Objekte auf dem Weg eines Fahrzeugs zu klassifizieren und/oder zu bestimmen, bevor der Objektverfolgungsalgorithmus mit Informationen über die zu verfolgenden Objekte versorgt wird. Durch die Verwendung von Fahrspurinformationen, Freirauminformationen, Objektklasseninformationen, Objekt-im-Pfad-Analyse (OIPA) und/oder Fahrzeuglokalisierungsinformationen kann der Prozess der Erkennung und Klassifizierung wesentlicher Objekte in der Umgebung eines Fahrzeugs vergleichsweise weniger zeitaufwändig, weniger rechenintensiv und besser skalierbar sein, da das System lernen kann, Informationen über nur wesentliche Objekte in der Umgebung eines Fahrzeugs zu bestimmen, zu speichern und zu verfolgen.

[0009] Die vorliegenden Systeme und Verfahren ermöglichen die Verfolgung von Objekten in der Umgebung eines Ego-Fahrzeugs in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit. Beispielsweise werden durch verschiedene Verarbeitungsschritte zum Herausfiltern bestimmter erkannter Objekte vor der Verfolgung nur die wichtigsten oder höchstpriorisierten Objektinformationen an einen Objektverfolgungsalgorithmus zur Verfolgung von Objekten in der Umgebung weitergeleitet. Um die Objekte herauszufiltern, können verschiedene Computer-Vision-Algorithmen, Modelle maschinellen Lernens und/oder tiefe neuronale Netzwerke (DNNs) eingesetzt werden, um Sensordaten zu verarbeiten, die von Sensoren des Ego-Fahrzeugs erzeugt werden, um ein Verständnis - z.B. über einen Fahrspurgraphen, eine Lokalisierung dazu usw. - der Umgebung zu erzeugen. Die Sensordaten können Sensordaten umfassen, die von einem

beliebigen Sensortyp des Ego-Fahrzeugs erzeugt werden (z.B. Kameras, RADAR-Sensoren, LiDAR-Sensoren, Ultraschallsensoren, GNSS (Global Navigation Satellite Systems)-Sensoren, IMU (Inertial Measurement Unit)-Sensoren usw.), und können in jedem für die Verarbeitung akzeptablen Format dargestellt werden (z.B. als Bilder, Videos, Punktwolken, Tiefenkarten, Entfernungsbilder, andere Sensordatendarstellungen usw.).

[0010] Die Sensordaten können zur Fahrspurerkennung, Freiraumerkennung, Objekterkennung und/oder -klassifizierung und schließlich zur Objektverfolgung verarbeitet werden. So können beispielsweise Orte, Richtungen, Ausrichtungen, Klassifizierungen und/oder andere Informationen berechnet werden, die den Fahrspuren in der Umgebung des Fahrzeugs entsprechen. Darüber hinaus kann in einigen Ausführungsformen die Lage einer Grenze berechnet werden, die den befahrbaren freien Raum vom nicht befahrbaren Raum trennt, und/oder es können die Regionen der Umgebung berechnet werden, die dem befahrbaren freien Raum entsprechen. Objekte in der Umgebung können auch erkannt und/oder klassifiziert werden. Zum Beispiel können die Objekte erkannt und nach Klasse und/oder Instanz klassifiziert werden, so dass eindeutige Objektinstanzen schließlich von einem Objektverfolger verfolgt werden können. Zusätzlich zu diesen Informationen können GNSS-Sensoren, IMUs, hochauflösende (HD) Karten und/oder andere Lokalisierungsinformationen verwendet werden, um das Ego-Fahrzeug und/oder andere Objekte relativ zu den berechneten oder vorhergesagten Umgebungsinformationen (z.B. ein Fahrspurdiagramm) zu lokalisieren. Beispielsweise kann ein Fahrspurdiagramm unter Verwendung der berechneten Fahrspurinformationen und der Lokalisierungsinformationen des Ego-Fahrzeugs erstellt werden. Der Fahrspurgraph kann dazu verwendet werden, das Layout der Fahrbahn und letztlich die Positionen der Objekte darauf zu bestimmen. In einigen Ausführungsformen können auch Informationen über den befahrbaren freien Raum in den Fahrspurgraphen einfließen und/oder verwendet werden, um zu bestimmen, welche Objekte den Fahrspuren zuzuordnen sind (z.B. können Objekte auf Gehwegen nicht erfasst werden, während Objekte auf der Fahrfläche erfasst werden können).

[0011] Das Mapping bzw. die Zuordnung zwischen den Fahrspuren und den Objekten kann dann verwendet werden, um die unwesentlichen Objekte herauszufiltern, so dass eine Gruppe wesentlicher Objekte bestimmt werden kann. So kann beispielsweise eine Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA; object-in-path analysis) unter Verwendung des Mappings durchgeführt werden, um zumindest eine Teilmenge der erkannten Akteure herauszufiltern. In einem nicht beschränkenden Beispiel kann jedes der Objekte, die sich nicht in der Ego-Spur, einer rechts angrenz-

enden Spur der Ego-Spur und einer links angrenzenden Spur der Ego-Spur befinden - wie mit der OIPA, dem Spurgraphen und der Abbildung bestimmt - herausgefiltert werden. Der gefilterte Satz von Objekten kann dann an einen Objektklassenassoziiator weitergeleitet werden, der die Objekterkennungsinformationen (z.B. Klassen- und/oder Instanzinformationen), die dem gefilterten Satz von Objekten entsprechen, verwenden kann, um Objekte, die nicht essenziellen Klassen entsprechen, weiter herauszufiltern. In einem nicht beschränkenden Beispiel kann so jedes der verbleibenden Objekte, das kein Auto, Lastwagen, Fahrradfahrer oder Motorradfahrer ist, herausgefiltert werden. Die verbleibende Liste von Objekten kann dann an einen Objektverfolger weitergegeben werden, und der Objektverfolger kann damit beginnen oder damit fortfahren (z.B. ausgehend von einer beliebigen Anzahl früherer Instanzen des Verfolgungsalgorithmus), die Objekte zu verfolgen.

[0012] In einigen Ausführungsformen kann die Verarbeitung zwischen einer oder mehreren Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) und einer oder mehreren Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) aufgeteilt werden. Beispielsweise kann die Berechnung oder Vorhersage der Fahrspurinformationen, der Freirauminformationen, der Objekterkennungen und/oder -klassifizierungen und/oder der Objektverfolgung unter Verwendung einer oder mehrerer GPUs erfolgen, während die Verarbeitung dieser Ausgaben unter Verwendung einer oder mehrerer CPUs durchgeführt werden kann. Darüber hinaus können in einigen Ausführungsformen zwei oder mehr System-on-Chips (SoCs) verwendet werden, um die Operationen durchzuführen. Infolgedessen können diese Verfolgungsdaten zwischen den verschiedenen SoCs unter Verwendung des Übertragungssteuerungsprotokolls (TCP) übertragen werden, und wirkt sich die Größe der zwischen den SoCs übertragenen Daten direkt auf die Latenzzeit des Systems aus. Durch die Verringerung der Anzahl der Objekte, die im Laufe der Zeit verfolgt werden müssen, kann die Menge der zwischen den SoCs übertragenen Daten reduziert werden, wodurch die Effizienz des Systems erhöht wird. Außerdem kann durch die Verringerung der pro (Einzel-) Bild bzw. Frame übertragenen Datenmenge die Anzahl der pro Sekunde verarbeiteten Bilder erhöht werden, um in der gleichen Zeit zusätzliche Ergebnisse zu erzielen, wodurch die Genauigkeit und Granularität der Objektverfolgungsberechnungen des Systems verbessert werden.

[0013] Nun auf **Fig. 1A** Bezug nehmend, ist **Fig. 1A** ein beispielhaftes Datenflussdiagramm, das einen beispielhaften Prozess 100 für die Erkennung von Objekten und das anschließende Herausfiltern von erkannten Objekten, um den Rechenaufwand zu reduzieren und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen - wie beispielsweise die

Objektverfolgung - zu verringern, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Es versteht sich, dass diese und andere hierin beschriebene Anordnungen nur als Beispiele dienen. Auf einer hohen Ebene kann der Prozess 100 einen oder mehrere Detektoren 104 beinhalten, die einen oder mehrere Inputs bzw. Eingaben oder Eingänge, wie z.B. Sensordaten 102, empfangen und einen oder mehrere Outputs bzw. Ausgaben oder Ausgänge, wie z.B. eine oder mehrere Fahrspurerkennungen, Objekterkennungen und/oder Freiraumerkennungen, erzeugen, welche verwendet werden können, um Fahrspurgraphen und/oder Objektfahrspurzuweisungen unter Verwendung eines Fahrspurgraphengenerators 106 und/oder Objektfahrspurzuweisers 108 zu erzeugen. Der Objektfilter 110 kann die Ausgaben des Objektfahrspurzuweisers 108 verwenden, um erkannte Objekte zu filtern. Obwohl die Sensordaten 102 in erster Linie in Bezug auf Bilddaten erörtert werden, die für Bilder repräsentativ sind, soll dies nicht beschränkend sein, und können die Sensordaten 102 andere Arten von Sensordaten umfassen, wie z.B. LIDAR-Daten, SONAR-Daten, RADAR-Daten und/oder dergleichen - z.B. wie sie von einem oder mehreren Sensoren des Fahrzeugs 600 erzeugt werden (**Fig. 6A-6D**).

[0014] Der Prozess 100 kann ein Erzeugen und/oder ein Empfangen von Sensordaten 102 von einem oder mehreren Sensoren beinhalten. Die Sensordaten 102 können, als ein nicht beschränkendes Beispiel, von einem oder mehreren Sensoren eines Fahrzeugs (z.B. dem Fahrzeug 600 der **Fig. 6A-6C** und hierin beschrieben) empfangen werden. Die Sensordaten 102 können von dem Fahrzeug 600 und innerhalb des Prozesses 100 verwendet werden, um seine Umgebung in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit zu navigieren. Die Sensordaten 102 können, ohne Beschränkung darauf, Sensordaten 102 von beliebigen Sensoren des Fahrzeugs beinhalten, beispielsweise und unter Bezugnahme auf **Fig. 6A-6C**, GNSS-Sensor(en) 658 (z.B. Global Positioning System-Sensor(en)), RADAR-Sensor(en) 660, Ultraschallsensor(en) 662, LIDAR-Sensor(en) 664, IMU-Sensor(en) 666 (z.B. Beschleunigungsmesser, Gyroskop(e), Magnetkompass(e), Magnetometer usw.), Mikrofon(e) 676, Stereokamera(s) 668, Weitwinkelkamera(s) 670 (z.B., Fischaugenkameras), Infrarotkamera(n) 672, Umgebungskamera(n) 674 (z.B. 360-Grad-Kameras), Fern- und/oder Mittelstreckenkamera(n) 678, Geschwindigkeitssensor(en) 644 (z.B. zur Messung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 600) und/oder andere Sensortypen. Als weiteres Beispiel können die Sensordaten 102 virtuelle Sensordaten beinhalten, die von einer beliebigen Anzahl von Sensoren eines virtuellen Fahrzeugs oder eines anderen virtuellen Objekts in einer virtuellen Umgebung (z.B. einer Testumgebung) erzeugt werden. In einem solchen Beispiel können die virtuellen Sensoren einem

virtuellen Fahrzeug oder einem anderen virtuellen Objekt in einer simulierten Umgebung entsprechen (z.B. zum Testen, Trainieren und/oder Validieren der Leistung eines neuronalen Netzwerks), und können die virtuellen Sensordaten repräsentieren, die von den virtuellen Sensoren in der simulierten oder virtuellen Umgebung erfasst wurden.

[0015] In einigen Ausführungsformen können die Sensordaten 102 Bilddaten beinhalten, die ein oder mehrere Bilder repräsentieren, Bilddaten, die ein Video repräsentieren (z.B. Schnapsschüsse von Videos), und/oder Sensordaten, die Darstellungen von Sensorfeldern von Sensoren repräsentieren (z.B. Tiefenkarten für LIDAR-Sensoren, ein Wertediagramm für Ultraschallsensoren usw.). Wenn die Sensordaten 102 Bilddaten enthalten, kann jede Art von Bilddatenformat verwendet werden, z.B. und ohne Beschränkung darauf komprimierte Bilder wie in den Formaten Joint Photographic Experts Group (JPEG) oder Luminanz/Chrominanz (YUV), komprimierte Bilder als Frames, die aus einem komprimierten Videoformat wie H.264/Advanced Video Coding (AVC) oder H.265/High Efficiency Video Coding (HEVC) stammen, Rohbilder, die beispielsweise von einem Red Clear Clear Blue (RCCB), Red Clear Clear Clear (RCCC) oder einer anderen Art von Bildsensor stammen, und/oder andere Formate. Darüber hinaus können die Sensordaten 102 in einigen Beispielen innerhalb des Prozesses 100 ohne Vorverarbeitung verwendet werden (z.B. in einem Roh- oder Aufnahmeformat), während die Sensordaten 102 in anderen Beispielen einer Vorverarbeitung unterzogen werden können (z.B. Rauschgleichung, Entmosaikung, Skalierung, Zuschneiden, Vergrößerung, Weißabgleich, Tonkurvenanpassung usw., z.B. unter Verwendung eines Sensordaten-Vorprozessors (nicht gezeigt)). Die Sensordaten 102 können Originalbilder (z.B. wie von einem oder mehreren Bildsensoren erfasst), abwärts abgetastete bzw. downgesampelte Bilder, aufwärts abgetastete bzw. upgesampelte Bilder, beschnittene Bilder oder Bilder mit Interessenbereich (ROI; region of interest), anderweitig vergrößerte Bilder und/oder eine Kombination davon beinhalten. Wie hierin verwendet, können sich die Sensordaten 102 auf unverarbeitete Sensordaten, vorverarbeitete Sensordaten oder eine Kombination davon beziehen.

[0016] Die Detektoren 104 können einen Fahrspur--Detektor 104A, einen freien Raum- bzw. Freiraum--Detektor 104B und/oder einen Objekt-Detektor 104C beinhalten. Die Detektoren 104 können einen oder mehrere Computer-Vision-Algorithmen, Modelle maschinellen Lernens und/oder DNNs beinhalten, die darauf trainiert sind, unter Verwendung von Sensordaten 102 Fahrspurinformationen (z.B. Position, Lage, Geometrie usw.), Freiraumgrenzpositionen und/oder Objektinformationen (z.B. Position, Lage,

Klasse usw.) zu berechnen. Beispielsweise und ohne Beschränkung darauf können die Detektoren 104 Modelle maschinellen Lernens beinhalten unter Verwendung von linearer Regression, logistischer Regression, Entscheidungsbäumen, Support-Vektor-Maschinen (SVM), Naive Bayes, k-nächster Nachbar (Knn), K-Mittel-Clustering, Random Forest, Dimensionalitätsreduktionsalgorithmen, Gradient-Boosting-Algorithmen, neuronalen Netzwerken (z.B., Autocodierer, Faltungsalgorithmen, rekurrente Algorithmen, Perceptrons, Lang-/Kurzzeitspeicher/LSTM, Hopfield, Boltzmann, Deep Belief, Dekonvolution, generative adversarische Algorithmen, Liquid State Machine usw.), Algorithmen zur Erkennung von Interessensgebieten, Computer-Vision-Algorithmen und/oder andere Arten von Modellen oder Algorithmen für maschinelles Lernen.

[0017] Wenn die Detektoren 104 beispielsweise ein DNN - oder genauer gesagt ein faltendes neuronales Netzwerk (CNN; convolutional neural network) - beinhalten, können die Detektoren 104 eine beliebige Anzahl von Schichten beinhalten. Eine oder mehrere der Schichten können eine Eingangsschicht beinhalten. Die Eingangsschicht kann Werte beinhalten, die den Sensordaten 102 zugeordnet sind (z.B. vor oder nach der Nachbearbeitung). Wenn es sich bei den Sensordaten 102 beispielsweise um ein Bild handelt, kann die Eingangsschicht Werte beinhalten, die die Rohpixelwerte des Bilds/der Bilder als ein Volumen repräsentieren (z.B. eine Breite, eine Höhe und Farbkanäle (z.B. RGB), wie $32 \times 32 \times 3$).

[0018] Eine oder mehrere Schichten können Faltungsschichten beinhalten. Die Faltungsschichten können die Ausgabe von Neuronen berechnen, die mit lokalen Regionen in einer Eingangsschicht verbunden sind, wobei jedes Neuron ein Punktprodukt zwischen seinen Gewichten und einer kleinen Region berechnet, mit der es in dem Eingangsvolumen verbunden ist. Das Ergebnis der Faltungsschichten kann ein weiteres Volumen sein, wobei eine der Dimensionen auf der Anzahl der angewandten Filter basiert (z.B. die Breite, die Höhe und die Anzahl der Filter, wie z.B. $32 \times 32 \times 12$, wenn 12 die Anzahl der Filter ist).

[0019] Eine oder mehrere der Schichten können eine ReLU (gleichgerichtete lineare Einheit; rectified linear unit)-Schicht(en) enthalten. Die ReLU-Schicht(en) kann/können eine elementweise Aktivierungsfunktion anwenden, wie z.B. $\max(0, x)$, bei der der Schwellenwert bei Null liegt. Das sich ergebende Volumen einer ReLU-Schicht kann mit dem Volumen des Eingangs der ReLU-Schicht übereinstimmen.

[0020] Eine oder mehrere der Schichten können eine Pooling-Schicht enthalten. Die Pooling-Schicht kann eine Abwärtsabtastung entlang der räumlichen Dimensionen (z.B. der Höhe und der Breite) durch-

führen, was zu einem kleineren Volumen als der Eingabe der Pooling-Schicht führen kann (z.B. 16 x 16 x 12 von dem 32 x 32 x 12 Eingangsvolumen).

[0021] Eine oder mehrere der Schichten können eine oder mehrere vollständig verbundene Schicht(en) beinhalten. Jedes Neuron in der/den vollständig verbundenen Schicht(en) kann mit jedem der Neuronen im vorherigen Volumen verbunden sein. Die vollständig verbundene Schicht kann Klassenbewertungen berechnen, und das resultierende Volumen kann $1 \times 1 \times \text{Anzahl der Klassen}$ sein. In einigen Beispielen kann das CNN eine oder mehrere vollständig verbundene Schicht(en) beinhalten, so dass die Ausgabe einer oder mehrerer Schichten des CNN als Eingabe für eine oder mehrere vollständig verbundene Schicht(en) des CNN bereitgestellt werden kann. In einigen Beispielen können ein oder mehrere Faltungsströme von den Detektoren 104 implementiert sein, und können einige oder alle der Faltungsströme eine oder mehrere vollständig verbundene Schichten beinhalten.

[0022] In einigen nicht beschränkenden Ausführungsformen können die Detektoren 104 eine Reihe von Faltungsschichten und Max-Pooling-Schichten umfassen, um die Extraktion von Bildmerkmalen zu erleichtern, gefolgt von mehrskaligen, erweiterten Faltungsschichten und Up-Sampling-Schichten, um die Extraktion von globalen Kontextmerkmalen zu erleichtern.

[0023] Obwohl Eingangsschichten, Faltungsschichten, Pooling-Schichten, ReLU-Schichten und vollständig verbundene Schichten hierin in Bezug auf die Detektoren 104 erörtert werden, ist dies nicht als Beschränkung zu verstehen. Beispielsweise können zusätzliche oder alternative Schichten in den Modellen maschinellen Lernens 104 verwendet werden, z.B. Normalisierungsschichten, SoftMax-Schichten und/oder andere Schichttypen.

[0024] In Ausführungsformen, in denen die Detektoren 104 ein CNN umfassen, können je nach Ausführungsform unterschiedliche Reihenfolgen und Anzahlen von Schichten des CNN verwendet werden. Mit anderen Worten sind die Reihenfolge und die Anzahl der Schichten der Detektoren 104 nicht auf eine bestimmte Architektur beschränkt.

[0025] Darüber hinaus können einige der Schichten Parameter (z.B. Gewichte und/oder Verzerrungen) beinhalten, wie z.B. die Faltungsschichten und die vollständig verbundenen Schichten, andere dagegen nicht, wie z.B. die ReLU-Schichten und Pooling-Schichten. In einigen Beispielen können die Parameter von den Detektoren 104 während des Trainings gelernt werden. Darüber hinaus können einige der Schichten zusätzliche Hyperparameter (z.B. Lernrate, Schrittweite, Epochen usw.) beinhalten, wie

z.B. die Faltungsschichten, die vollständig verbundenen Schichten und die Pooling-Schichten, während andere Schichten, wie z.B. die ReLU-Schichten, dies nicht tun. Die Parameter und die Hyperparameter sind nicht beschränkt und können je nach Ausführungsform unterschiedlich sein.

[0026] Die Detektoren 104 können die Sensordaten 102 zur Erkennung von Fahrspuren, Freiraumgrenzen und/oder Objekten verwenden, die schließlich dem Fahrspurgraphgenerator 106 zur Erzeugung eines Fahrspurgraphen und/oder dem Objektfahrspurzuweiser 108 zur Zuordnung von Objekten zu Fahrspuren in dem Fahrspurgraphen zugeführt werden können. Beispielsweise kann der Fahrspurdetektor 104A trainiert oder programmiert werden, um Fahrspuren zu erkennen und/oder Fahrspurklassifizierungen in den Sensordaten 102 zuzuordnen. Beispielsweise kann der Fahrspurdetektor 104A Orte, Richtungen, Ausrichtungen, Klassifizierungen und/oder andere Informationen berechnen, die den Fahrspuren in der Umgebung des Fahrzeugs entsprechen, wie sie anhand der Sensordaten 102 ermittelt wurden.

[0027] Der Freiraumdetektor 104B kann dazu trainiert oder programmiert sein, unter Verwendung der Sensordaten 102 befahrbaren Freiraum und/oder nicht befahrbaren Raum - oder Grenzen, die deren Unterteilung entsprechen - in der Fahrzeugumgebung zu erkennen. Beispielsweise kann der Freiraumdetektor 104B die Lage einer Grenze berechnen, die den befahrbaren freien Raum von dem nicht befahrbaren Raum trennt, und/oder die Bereiche der Fahrzeugumgebung, die dem befahrbaren freien Raum entsprechen.

[0028] Der Fahrspurgraphgenerator 106 kann - als Eingabe - die Ausgaben des Fahrspurdetektors 104A und/oder des Freiraumdetektors 104B verwenden. Beispielsweise kann der Fahrspurgraphgenerator 106 einen oder mehrere Fahrspurgraphen auf der Grundlage der Fahrspur- und Freiraumdetektionen berechnen. Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann Lokalisierungsinformationen von einem oder mehreren GNSS-Sensoren, IMUs, hochauflösenden (HD) Karten und/oder anderen Lokalisierungsinformationen verwenden, um das Fahrzeug 600 (und/oder umgebende Objekte) relativ zu dem berechneten oder vorhergesagten Spurendiagramm oder den Umgebungsinformationen zu lokalisieren. Beispielsweise kann der Fahrspurgraphgenerator 106 einen Fahrspurgraphen unter Verwendung der berechneten Fahrspurinformatoren von dem Fahrspurdetektor 104A und der aktuellen Standortinformationen des Fahrzeugs 600 erzeugen (z.B. kann der Fahrspurgraph eine Ego-Spur des Fahrzeugs 600 und andere Fahrspuren relativ zu dem Standort des Ego-Fahrzeugs unter Verwendung der aktuellen Standortinformationen des Fahrzeugs 600 anzei-

gen). Als solches kann der Fahrspurgraph das Layout der Fahrfläche repräsentieren. In einigen Beispielen kann der Fahrspurgraph die Fahrfläche unter Verwendung eines Arrays von Punkten (z.B. Pixeln) repräsentieren, um Fahrspuren zu repräsentieren, und die Quelle der Fahrspurinformatoren (z.B. den Fahrspurdetektor 104A, die HD-Karte), Klassifizierungen der Fahrspuren (z.B. die aktuelle Fahrspur, die linke Fahrspur, die rechte Fahrspur, die Gegenfahrbahn) und die Lokalisierung des Fahrzeugs 600 beinhalten. Auf diese Weise kann der Fahrspurgraphgenerator 106 einen Fahrspurgraphen erzeugen, der die Fahrspuren und die Lokalisierung des Fahrzeugs 600 auf der Fahrbahn repräsentiert. In einigen Beispielen kann der Fahrspurgraphgenerator 106 Darstellungen des befahrbaren freien Raums in den Fahrspurgraphen aufnehmen.

[0029] Der Objektdetektor 104C kann dazu trainiert oder programmiert sein, Objekte in der Umgebung des Fahrzeugs 600 auf der Grundlage der Sensordaten 102 zu erkennen und/oder zu klassifizieren. Zum Beispiel können die Objekte erkannt und nach Klasse und/oder Instanz klassifiziert werden, so dass eindeutige Objektinstanzen schließlich von dem Objektverfolger 112 verfolgt werden können. Der Objektdetektor 104C kann Begrenzungsrahmen (Bounding Boxes) um erkannte Objekte berechnen, und jedes erkannte Objekt kann einer Klasse zugeordnet werden - zum Beispiel und ohne Beschränkung darauf: Auto, Fahrrad, Stoppschild, Vorfahrtschild, Ampel, Fußgänger, Lastwagen, Motorrad und/oder andere Klassifizierungen von Objekten, für deren Erkennung der Objektdetektor 104C trainiert oder programmiert werden kann. In einigen Beispielen kann der Objektdetektor 104C anhand der Sensordaten die Standorte der Objekte erkennen. Beispielsweise kann die Ausgabe des Objektdetektors 104C den Pixeln am Standort eines Objekts entsprechen, die dem Objekt und/oder der Objektklasse zugeordnet sind, kann der Objektdetektor 104C Begrenzungsforminformationen ausgeben, und/oder können andere Objekterkennungsdarstellungen ausgegeben werden.

[0030] Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann als Eingabe die Ausgaben des Fahrspurgraphgenerators 106, des Objektdetektors 104C und/oder des Freiraumdeteckors 104B verwenden, um eine Zuordnung zwischen den Objekten und den Fahrspuren zu erzeugen, die erkannte Objekte den Fahrspuren des Fahrspurgraphen zuweist oder zuordnet. Beispielsweise kann eine Zuordnung der Objekte zu den Fahrspuren unter Verwendung der berechneten Fahrspurinformatoren, der Lokalisierungsinformationen des Fahrzeugs 600 und/oder Informationen über die erkannten Objekte (z.B. Objektklasse, Objektposition, Objektstandort usw.) erstellt werden. Beispielsweise kann ein erkanntes Objekt auf der Grundlage von Pixeln, die zu dem Objekt gehören und auch zu

der Spur gehören, einer erkannten Spur zugewiesen und/oder zugeordnet werden. Ein Mapping bzw. eine Zuordnung kann die Positionen der Fahrspuren und die Positionen der erkannten Objekte innerhalb der entsprechenden Fahrspuren beinhalten. Als solches kann das Mapping nicht nur das Layout der Fahrbahn, sondern auch die Positionen von Objekten auf der Fahrbahn repräsentieren. In einigen Ausführungsformen können auch Informationen über den befahrbaren freien Raum in die Kartierung einbezogen und/oder verwendet werden, um zu bestimmen, welche Objekte in die Kartierung einzubeziehen sind (z.B. können Objekte auf Gehwegen nicht kartiert werden, während Objekte auf der Fahrbahn erfasst werden können). Auf diese Weise kann der Objektfahrspurzuweiser 108 jedes erkannte Objekt einer erkannten Spur oder einer nicht befahrbaren Fläche zuordnen, indem er die Objekte den entsprechenden Spuren zuordnet.

[0031] Der Objektfilter 110 kann die Zuordnungsausgabe des Objektfahrspurzuweisers 108 und/oder des Objektdetektors 104C als Eingabe verwenden, um nicht wesentliche Objekte aus den zugeordneten Objekten herauszufiltern, um eine Gruppe wesentlicher Objekte auf der Grundlage verschiedener Kriterien - z.B. Kriterien für die Position der Fahrspur, Kriterien für den Objekttyp usw. - zu bestimmen. Die Kriterien für den Ort der Fahrspur können eine Reihe von Regeln zum Filtern von Objekten umfassen. In einigen Beispielen kann der Objektfilter 110 beispielsweise eine Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA) auf der Grundlage der Zuordnung durchführen, um mindestens eine Teilmenge der erkannten Objekte herauszufiltern. Zum Beispiel kann jedes der Objekte, die sich nicht auf der aktuellen Spur des Fahrzeugs, einer rechten Nachbarspur der aktuellen Spur und einer linken Nachbarspur der aktuellen Spur befinden - wie mit der OIPA und der Zuordnung bestimmt - herausgefiltert werden. Die Fahrspurklassen in der Zuordnung können verwendet werden, um die Objekte auf der aktuellen Fahrspur, der linken Nachbarspur der aktuellen Fahrspur und der rechten Nachbarspur der aktuellen Fahrspur zu bestimmen. Die gefilterte Menge von Objekten kann dann einem oder mehreren zusätzlichen Filtern oder dem Objektverfolger 112 zur Verfolgung zugeführt werden.

[0032] In einigen Beispielen kann der Objektfilter 110 die Menge der Objekte filtern, indem er Objekte herausfiltert, die nicht wesentlichen Objektklassen entsprechen. Zum Beispiel können die Ausgaben des Objektdetektors 104C - wie Objektstandorte, Objektklassen, Objektinstanzinformationen usw. - verwendet werden, um die Objekte herauszufiltern, die zu unwichtigen (oder unerwünschten) Objektklassen gehören. Beispielsweise können die Ausgaben des Objektdetektors 104C, die der gefilterten Menge von Objekten entsprechen, von dem Objektfilter 110 verwendet werden, um weitere Objekte

herauszufiltern, die zu nicht wesentlichen Objektklassen gehören. In einigen Beispielen kann jedes Objekt der gefilterten Objektmenge, das nicht zu einer Objektklasse gehört, die mit einem Auto, Lastwagen, Fahrradfahrer oder Motorradfahrer assoziiert ist, herausgefiltert werden. So können unwesentliche Objekte (z.B. Ampeln, Fußgänger) vor der Verfolgung herausgefiltert werden. Die verbleibende Liste von Objekten kann dann an den Objektverfolger 112 weitergeleitet werden, und der Objektverfolger 112 kann mit der Verfolgung der verbleibenden Liste von Objekten beginnen oder damit fortfahren (z.B. ausgehend von einer beliebigen Anzahl von früheren Instanzen des Verfolgungsalgorithmus). Es sei darauf hingewiesen, dass die Filterung zwar als Filterung auf der Grundlage von Fahrspurinformationen, gefolgt von einer Filterung auf der Grundlage von Objektklassen, beschrieben wird, dies jedoch nicht als Beschränkung zu verstehen ist. In einigen Beispielen können die erkannten Objekte vor der Filterung auf der Grundlage von Fahrspurinformationen auf der Grundlage von Objektklassen gefiltert werden, und/oder können eine oder mehrere andere Filterungsarten je nach Ausführungsform in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden.

[0033] Der Objektverfolger 112 kann Objekt- und Fahrspurinformationen empfangen, die der verbleibenden Liste von Objekten entsprechen. Der Objektverfolger 112 kann eine vorherige Liste von Objekten haben, die derzeit verfolgt werden, und der Objektverfolger 112 kann die verbleibende Liste von Objekten mit der vorherigen Liste von Objekten, die derzeit verfolgt werden, vergleichen, um die Verfolgung eines Objekts fortzusetzen oder die Verfolgung eines neuen Objekts zu beginnen. So können im Laufe der Zeit Objekte hinzugefügt und/oder aus der vorherigen Liste der Objekte entfernt werden. In einigen Beispielen kann der Objektverfolger 112 eine Objektzuordnungsbewertung für jedes der verbleibenden Liste von Objekten von dem Objektfahrspuruweiser 108 erhalten. Die Punktzahl kann auf der Wahrscheinlichkeit basieren, dass sich das zugeordnete Objekt in der zugewiesenen Spur befindet. Objekte aus der verbleibenden Liste von Objekten, deren Punktzahl unter einem vorgegebenen Wert liegt, können aus der aktualisierten Liste der zu verfolgenden Objekte entfernt werden. Die aktualisierte Liste der zu verfolgenden Objekte kann zur weiteren Verarbeitung an die Steuerungskomponenten des Fahrzeugs 600 gesendet werden, um einen oder mehrere Vorgänge des Fahrzeugs 600, wie z.B. Bahnplanung, Steuerung, Betätigung, Hindernisvermeidung usw., zu unterstützen.

[0034] Nun auf **Fig. 1 B** Bezug nehmend, ist **Fig. 1 B** ein beispielhaftes Datenflussdiagramm, das einen beispielhaften Prozess 120 zum Filtern von zu verfolgenden Objekten zeigt, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. In einigen Beispielen

kann die Verarbeitung zwischen einer oder mehreren Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) 140 und einer oder mehreren Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) 150 aufgeteilt sein. Beispielsweise kann die Berechnung oder Vorhersage der Fahrspurinformationen, der Freirauminformationen, der Objekterkennungen und/oder -klassifizierungen und/oder der Objektverfolgung unter Verwendung einer oder mehrerer GPU(s) erfolgen, während die Verarbeitung dieser Ausgaben unter Verwendung einer oder mehrerer CPU(s) ausgeführt werden kann. So können die GPU(s) 140 die Detektoren 104 und/oder den Objektverfolger 112 ausführen. Die Fahrspurinformationen, die Freirauminformationen und die Objekterkennungsinformationen, die von den Detektoren 104 erzeugt werden, können letztendlich von dem Objektverfolger 112 verwendet werden, um Objekte in der Umgebung des Fahrzeugs 600 zu verfolgen. Auf diese Weise können die Fahrspurinformationen verwendet werden, um wesentliche Objekte zu bestimmen, bevor der Objektverfolger 112 die Objekte verfolgt. Infolgedessen können die GPU(s) 140 zur effizienten Berechnung von Wahrnehmungsinformationen verwendet werden, können die CPU(s) 150 die Wahrnehmungsinformationen verarbeiten, und können die GPU(s) 140 den Objektverfolger unter Verwendung von Feedback von der/den CPU(s) 150 ausführen. In einigen Ausführungsformen können eine oder mehrere der Verarbeitungsaufgaben unter Verwendung einer oder mehrerer paralleler Verarbeitungseinheiten -z.B. der Parallelverarbeitungseinheiten der GPU(s) 140 - parallel ausgeführt werden.

[0035] Die von der/den GPU(s) 140 verarbeiteten Ausgaben jedes der Detektoren 104 (z.B. des Fahrspurdetektors 104B, des Freiraumdetektors 104B und/oder des Objektdetektors 104C) können der/den CPU(s) 150 zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt werden. Die CPU 150 kann die Ausgaben der Detektoren 104 verarbeiten, um wesentliche Objekte zu bestimmen, die für eine sichere und effiziente Navigation des Fahrzeugs 600 in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit zu verfolgen sind. Die CPU 150 kann einen Fahrspurprozessor 122, einen Lokalisierer 124, den Fahrspurgraphgenerator 106, einen Objektprozessor 126, einen Objekt-In-Pfad-Analysator 128 und/oder einen Verfolgungsprozessor 112 umfassen. Der Fahrspurprozessor 122 kann als Eingabe Fahrspurinformationen von dem Fahrspurdetektor 104A erhalten. Der Fahrspurprozessor 122 kann die erkannten Fahrspurpositionsinformationen und/oder Fahrspurklassen verarbeiten.

[0036] Der Lokalisierer 124 kann als Eingabe die Ausgabe des Fahrspurprozessors 122 verwenden, um das Fahrzeug 600 innerhalb der verarbeiteten Fahrspuren zu lokalisieren. Der Lokalisierer 124 kann das Fahrzeug auch auf der Grundlage von Lokalisierungsinformationen von GNSS-Sensoren,

IMUs, hochauflösenden (HD) Karten und/oder anderen Lokalisierungsinformationen lokalisieren. Der Fahrspurgraphgenerator 106 kann die verarbeiteten Fahrspurinformatoren und die Lokalisierungsinformationen verwenden, um den mit den Sensordaten 102 verbundenen Fahrspurgraphen zu erzeugen. Beispielsweise kann der Fahrspurgraphgenerator 106 einen Fahrspurgraphen unter Verwendung der berechneten Fahrspurinformatoren vom Fahrspurprozessor 122 und der Lokalisierungsinformationen vom Lokalisierer 124 erzeugen. Als solches kann der Fahrspurgraph das Layout der Fahrfläche repräsentieren. In einigen Beispielen kann der Fahrspurgraph die Fahrfläche unter Verwendung eines Arrays von Punkten (z.B. Pixeln) repräsentieren, um Fahrspuren zu repräsentieren, und die Quelle der Fahrspurinformatoren (z.B. den Fahrspurdetektor 104A, die HD-Karte), Klassifizierungen der Fahrspuren (z.B. die aktuelle Fahrspur, die linke Fahrspur, die rechte Fahrspur, die Gegenfahrspur, Querspuren) und/oder die Lokalisierung des Fahrzeugs 600 enthalten.

[0037] Der Objektprozessor 126 kann Ausgaben des Objektdetektors 104C verwenden, um erkannte Objekte zu verarbeiten. Der Objektprozessor 126 kann die Objekterkennungen verarbeiten, um Objektpositionen und/oder Klassifizierungen für jedes erkannte Objekt zu bestimmen. Als nicht beschränkendes Beispiel können Pixel an Objektpositionen mit den entsprechenden erkannten Objekten und/oder Klassifizierungen assoziiert werden. Der Objekt-In-Pfad-Analysator 128 kann eine Fahrspurposition und Fahrspurklasseninformationen für die Ego-Spur (z.B. die aktuelle Fahrspur des Fahrzeugs 600), die rechte Nachbarspur der Ego-Spur und die linke Nachbarspur der Ego-Spur bestimmen. Die Fahrspurpositions- und die Fahrspurklasseninformationen, die durch den Objekt-In-Pfad-Analysator 128 erzeugt werden, können ein Array von Punkten (z.B. Pixeln) enthalten, um jede der Ego-Spur, der rechten Nachbarspur der Ego-Spur und der linken Nachbarspur der Ego-Spur darzustellen. Der Objekt-In-Pfad-Analysator 128 kann detektierte Objekte den entsprechenden Fahrspuren zuordnen, basierend auf den Positionen der detektierten Objekte, die innerhalb der Positionen der detektierten Fahrspuren im Fahrspurgraph liegen. Jedes Objekt kann einer Fahrspur oder einem nicht befahrbaren Bereich innerhalb des Fahrspurgraphen zugeordnet sein.

[0038] Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann die Ausgaben des Objekt-In-Pfad-Analysators 128 als Eingabe verwenden, um Objektfilterungsoperationen auf der Grundlage von Spurpositionskriterien und/oder Objektklassenkriterien durchzuführen. Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann ein Mapping erzeugen, das die Positionen der Fahrspuren und die Positionen der Objekte innerhalb der Fahrspuren zuordnet. Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann die

erkannten Objekte filtern, um einen Satz wesentlicher Objekte auf der Grundlage von Kriterien für die Position der Fahrspur zu bestimmen. Die Kriterien für die Position der Fahrspur können Regeln zum Herausfiltern von erkannten Objekten enthalten, die nicht einer Teilmenge von Fahrspuren zugeordnet sind (z.B. die Ego-Spur, die rechte Nachbarspur der Ego-Spur, die linke Nachbarspur der Ego-Spur). In einigen Beispielen kann der Objektfahrspurzuweiser 108 außerdem die Klassen, die jedem Objekt des gefilterten Objektsatzes zugeordnet, wie von dem Objektprozessor 126 verarbeitet, als Eingabe übernehmen. Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann ferner Objekte aus der gefilterten Menge von Objekten herausfiltern, basierend auf den Objektklassenkriterien, die die Objektklassen als Objektklassen mit hoher Wichtigkeit/Priorität (z.B. Autos, Lastwagen, Motorradfahrer, Fahrradfahrer) und/oder Objektklassen ohne Priorität (z.B. Fußgänger, Verkehrssignale) anzeigen. Die Objekte der gefilterten Menge von Objekten können dann gefiltert werden, um Objekte zu entfernen, die mit nichtprioritären Objektklassen verbunden sind.

[0039] Der Objektfahrspurzuweiser 108 kann auch Assoziationswerte für jedes Paar aus Objekt und Spur in der verbleibenden Menge wesentlicher oder priorisierter Objekte erzeugen. Der Assoziationswert kann eine Wahrscheinlichkeit angeben, dass sich das Objekt innerhalb einer bestimmten wesentlichen Spur befindet (z.B. der Ego-Spur, der rechten Nachbarspur zur Ego-Spur, der linken Nachbarspur zur Ego-Spur), und/oder eine Wahrscheinlichkeit, dass das Objekt zu einer wesentlichen oder priorisierten Objektklasse gehört. Ein vorbestimmter Schwellenwert kann verwendet werden, um zu bestimmen, ob ein wesentliches oder priorisiertes Objekt im Objektverfolger 112 vorhergesagt und/oder aktualisiert werden sollte. Bei Option 134 wird das Objekt in Block 132 aus der Betrachtung genommen, wenn der Assoziationswert für ein wesentliches oder priorisiertes Objekt unter dem Schwellenwert liegt. Wenn der Assoziationswert über dem Schwellenwert liegt, kann das zugehörige wesentliche oder priorisierte Objekt in Block 136A an der entsprechenden Stelle innerhalb der entsprechenden Spur vorhergesagt werden. Wenn das wesentliche oder vorrangige Objekt in der Liste der zuvor verfolgten Objekte vorhanden ist, kann die Position des wesentlichen oder vorrangigen Objekts in den Listen der aktuell verfolgten Objekte in Block 136B aktualisiert werden. Wenn ein Objekt, das in der Liste der zuvor verfolgten Objekte vorhanden ist, in der aktuellen Instanz der Sensordaten 102 nicht erkannt wird, kann das Objekt aus der Liste der aktuell verfolgten Objekte entfernt werden.

[0040] Die verbleibende Liste von Objekten kann dann vom Verfolgungsprozessor 130 verarbeitet werden, um die Liste verfolgter Objekte mit den

Standorten und/oder Klassen der verbleibenden Liste von Objekten zu erstellen und/oder zu aktualisieren. Der Objektverfolger 112 kann dann mit den aktuellen Listen verfolgter Objekte für die Verfolgung versorgt werden.

[0041] Nun auf **Fig. 2** Bezug nehmend, zeigt **Fig. 2** ein Beispielsystem 200 für die Ausführung der Operationen, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Zwei SoCs können verwendet werden, um die hierin beschriebenen Vorgänge zu verarbeiten - z.B. in Bezug auf **Fig. 1A-1 B**. Die Operationen können zwischen dem ersten SoC 210 und dem zweiten SoC 240 aufgeteilt werden. Der erste SoC 210 kann beispielsweise einen Objektdetektor 212, einen Fahrspurgraphgenerator 214, einen Objektfahrspurzuweiser 216, einen Objektfilter 218, einen Objektverfolger 220 und/oder eine oder mehrere Steuerkomponenten 222 umfassen. Der zweite SoC 240 kann einen oder mehrere Objektdetektoren 242 enthalten, z.B. ein oder mehrere Kamerahinderniserkennungsmodule. Beispielsweise kann der zweite SoC 240 eine Anzahl N von Kamerahinderniserkennungsmodulen enthalten, und können die übrigen Module oder Prozesse auf dem ersten SoC 210 ausgeführt werden. In einem solchen Beispiel kann das Netzwerk 260 verwendet werden, um Daten zwischen den Komponenten des ersten SoC 210 und des zweiten SoC 240 zu übertragen. In einigen Beispielen kann das Netzwerk 260 ein Übertragungssteuerungsprotokoll (TCP) verwenden, um Daten zwischen den beiden SoCs zu übertragen. Beispielsweise kann die Ausgabe des Objektdetektors 242 des zweiten SoC 240 an den Fahrspurgraphgenerator 214, den Objektfahrspurzuweiser 216, den Objektfilter 218, den Objektverfolger 220 und/oder andere Komponenten des ersten SoC 210 über das Netzwerk 260 zur Verarbeitung übertragen und/oder von diesen verwendet werden. Die dargestellten SoC-Konfigurationen dienen nur als Beispiel, und es können zusätzliche und/oder alternative SoC-Konfigurationen verwendet werden, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Wenn beispielsweise zwei oder mehr SoCs verwendet werden, können Module und/oder zugehörige Aufgaben unter den SoCs aufgeteilt werden, um die Effizienz zu verbessern und/oder zusätzliche Ressourcen für den Prozess bereitzustellen. In einer oder mehreren Ausführungsformen kann die Verwendung von zwei oder mehr SoCs eine stärkere Parallelverarbeitung ermöglichen - nicht nur in Bezug auf einzelne diskrete Hardwarekomponenten, sondern auch über zwei oder mehr Hardwarekomponenten hinweg.

[0042] Nun auf **Fig. 3A-3C** Bezug nehmen, zeigen **Fig. 3A-3C** ein Beispiel für eine Objektfilterung, die auf eine Zuordnung zwischen erkannten Objekten und erkannten Fahrspuren angewendet wird, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. **Fig. 3A** zeigt beispielsweise ein beispielhaftes Map-

ping zwischen erkannten Objekten und erkannten Spuren, die von einem Objektfahrspurzuweiser (z.B. dem Objektfahrspurzuweiser 108) für ein Bild 300 ausgegeben wird. Objekte in einem Bild können mit Hilfe von Begrenzungsrahmen bzw. Bounding Boxes (z.B. Autos 312A-312R, 314, 316A-316B, 318A-318C; Fußgänger 320; Ampel 322) erkannt werden. Jedes Objekt kann einer Fahrspur (z.B. den Fahrspuren 342A-342C) und/oder einem nicht befahrbaren Bereich (z.B. den nicht befahrbaren Bereichen 344A-344C) zugeordnet und/oder zugeordnet werden. Beispielsweise kann das Fahrzeug 314 der Fahrspur 342C zugeordnet werden, die Fahrzeuge 316A und 316B der Fahrspur 342A, der Fußgänger 320 dem nicht befahrbaren Bereich 344A und die Ampel 322 dem nicht befahrbaren Bereich 344B.

[0043] Nun auf **Fig. 3B** Bezug nehmend, zeigt **Fig. 3B** einen beispielhaften Satz gefilterter Objekte, der von einem Objektfilter (z.B. dem Objektfilter 110) auf der Grundlage von Fahrspurinformatoren erzeugt wurde, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Objekte, die anderen Fahrspuren als der aktuellen Fahrspur des Fahrzeugs (z.B. 342B), der an die aktuelle Fahrspur angrenzenden rechten Fahrspur (z.B. 342A) oder der an die aktuelle Fahrspur angrenzenden linken Fahrspur (z.B. 342C) zugeordnet sind, können aus den erfassten Objekten herausgefiltert werden, um die gefilterte Objektmenge zu erzeugen. Der gefilterte Satz von Objekten kann dann die Fahrzeuge 316A und 316B, die der rechten Nachbarspur 342A zugeordnet sind, das Fahrzeug 314, das der linken Nachbarspur 342C zugeordnet ist, den Fußgänger 320 und die Ampel 322 enthalten. Beispielsweise können die Fahrzeuge 312A-312R und die Fahrzeuge 318A-318C herausgefiltert oder verworfen werden, wenn sie anderen Fahrspuren als der aktuellen Fahrspur, der rechten Nachbarspur der aktuellen Fahrspur und der linken Nachbarspur der aktuellen Fahrspur (z.B. Fahrspuren auf der gegenüberliegenden Seite des Fahrbahnteilers, Fahrspuren für Querverkehr) zugeordnet sind. Auf diese Weise kann der Objektfilter 110 unwichtige oder nicht prioritäre Objekte auf nicht-wichtigen Fahrspuren entfernen, um eine gefilterte Objektmenge zu erzeugen.

[0044] Auf **Fig. 3B** Bezug nehmend, zeigt **Fig. 3C** eine beispielhafte verbleibende Liste von Objekten, die durch den Objektfilter (z.B. den Objektfilter 110) auf der Grundlage der Objektklasse erzeugt wurde, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Die Objekte in der gefilterten Menge von Objekten (z.B. das Auto 316A, das Auto 316B, das Auto 314, der Fußgänger 320, die Ampel 322) können weiter gefiltert werden, um Objekte zu entfernen, die nicht wesentlichen Objektklassen entsprechen. Die Ausgabe des Objektdetektors 104C (z.B. Objektstandorte, Klassifizierung) kann verwendet werden, um

Objekte in der gefilterten Menge von Objekten zu bestimmen, die nicht wesentlichen Objektklassen entsprechen. So können der Fußgänger 320 und die Ampel 322 entfernt werden, um die verbleibende Liste von Objekten (z.B. das Auto 316A, das Auto 316B, das Auto 314) zu erstellen, die durch die verbleibenden Begrenzungsrahmen als wesentliche Objekte, die wesentlichen Objektklassen entsprechen, ausgewiesen werden. Auf diese Weise kann der Objektfilter 110 Objekte, die nicht wesentlichen Objektklassen entsprechen, weiter entfernen, bevor er die verbleibende Liste von Objekten zur Verfolgung an den Objektverfolger 112 sendet, um schließlich sichere Fahrvorgänge in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit zu verarbeiten und/oder durchzuführen.

[0045] Nun auf **Fig. 4-5** Bezug nehmend, umfasst jeder Block der hierin beschriebenen Verfahren 400 und 500 einen Rechenprozess, der mit einer beliebigen Kombination aus Hardware, Firmware und/oder Software durchgeführt werden kann. Beispielsweise können verschiedene Funktionen von einem Prozessor ausgeführt werden, der im Speicher gespeicherte Anweisungen ausführt. Die Verfahren können auch als computerverwendbare Anweisungen auf Computerspeichermedien gespeichert sein. Die Verfahren können durch eine eigenständige Anwendung, einen Dienst oder einen gehosteten Dienst (eigenständig oder in Kombination mit einem anderen gehosteten Dienst) oder ein Plug-in für ein anderes Produkt bereitgestellt sein, um nur einige zu nennen. Darüber hinaus werden die Verfahren 400 und 500 beispielhaft in Bezug auf die Prozesse 100 und 120 der **Fig. 1A** bzw. **Fig. 1B** beschrieben. Diese Verfahren können jedoch zusätzlich oder alternativ in einem beliebigen Prozess durch ein beliebiges System oder eine beliebige Kombination von Prozessen und Systemen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf die hierin beschriebenen, ausgeführt werden.

[0046] **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren 400 zur Erkennung von Objekten und zum anschließenden Herausfiltern von erkannten Objekten zeigt, um die Rechenkosten zu reduzieren und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operationen zu verringern, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B402 eine Berechnung von Fahrspurinformationen, Objekterkennungsinformationen und Objektklassifizierungsinformationen unter Verwendung von Sensordaten, die von einem oder mehreren Sensoren eines Ego-Fahrzeugs erzeugt werden. Beispielsweise können die Detektoren 104 unter Verwendung der Sensordaten 102 Fahrspurinformationen mit dem Fahrspurdetektor 104A und Objekterkennungsinformationen und Objektklassifizierungsinformationen mit dem Objektdetektor 104C berechnen.

[0047] Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B404 ein Erzeugen, zumindest teilweise auf der

Grundlage der Fahrspurinformationen und der Objekterkennungsinformationen, eines Mappings bzw. einer Zuordnung, die für erste Positionen von Fahrspuren und zweite Positionen von Objekten innerhalb der Fahrspuren repräsentativ ist. Beispielsweise kann der Objektfahrspurzuweiser 108 eine Zuordnung erzeugen, die für erste Positionen von Fahrspuren und zweite Positionen von Objekten innerhalb der Fahrspuren repräsentativ ist.

[0048] Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B406 eine Durchführung einer Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA), die zumindest teilweise auf der Zuordnung basiert, um eine erste Teilmenge der Objekte innerhalb einer Teilmenge der Fahrspuren zu bestimmen. Beispielsweise kann der Objektfilter 110 eine erste Teilmenge von Objekten (z.B. eine gefilterte Menge von Objekten) bestimmen, indem er eine OIPA-Analyse auf der Grundlage der Zuordnung durchführt.

[0049] Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B408 eine Bestimmung von Klassen, die jedem Objekt der ersten Teilmenge von Objekten zugeordnet sind, zumindest teilweise auf der Grundlage der Objektklassifizierungsinformationen. Beispielsweise kann der Objektfilter 110 auf der Grundlage der von dem Objektdetektor 104C ausgegebenen Objektklassifizierungsinformationen Klassen bestimmen, die jedem Objekt der ersten Untermenge von Objekten zugeordnet sind.

[0050] Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B410 ein Herausfiltern eines oder mehrerer Objekte aus der ersten Teilmenge der Objekte, zumindest teilweise basierend auf den Klassen, um eine zweite Teilmenge der Objekte zu bestimmen. Beispielsweise kann der Objektfilter 110 ein oder mehrere Objekte (z.B. Objekte, die nicht wesentlichen Objektklassen entsprechen) aus der ersten Teilmenge von Objekten herausfiltern, um eine zweite Teilmenge von Objekten (z.B. eine verbleibende Liste von Objekten) basierend auf den Klassen zu bestimmen.

[0051] Das Verfahren 400 umfasst in einem Block B412 eine Übertragung von Daten, die für die zweite Teilmenge der Objekte repräsentativ sind, an einen Objektverfolgungsalgorithmus zur Verfolgung der zweiten Teilmenge der Objekte. Beispielsweise können Daten, die für die zweite Teilmenge von Objekten repräsentativ sind, an den Objektverfolger 112 zur Verfolgung der zweiten Teilmenge von Objekten übertragen werden.

[0052] **Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Verfahren 500 zur Erkennung von Objekten und zum anschließenden Herausfiltern von erkannten Objekten zeigt, um die Rechenkosten zu reduzieren und gleichzeitig die Laufzeit für zeitgebundene Operatio-

nen zu verringern, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Das Verfahren 500 umfasst im Block B502 das Berechnen von Fahrspurinformationen und Objekterkennungsinformationen unter Verwendung von Sensordaten, die von dem einen oder den mehreren Sensoren des Ego-Fahrzeugs erzeugt werden. Beispielsweise können die Detektoren 104 unter Verwendung der Sensordaten 102 Fahrspurinformationen mit dem Fahrspurdetektor 104A und Objekterkennungsinformationen mit dem Objektdetektor 104C berechnen.

[0053] Das Verfahren 500 umfasst in einem Block B504 eine Lokalisierung von Objekten auf Fahrspuren, um eine Zuordnung zu erzeugen, die zumindest teilweise auf den Fahrspurinformationen und den Objekterfassungsinformationen basiert. Zum Beispiel kann der Objektfahrspurzuweiser 108 ein Mapping bzw. eine Zuordnung erzeugen, die Objekte auf der Grundlage der Ausgaben des Spurdetektors 104A und des Objektdetektors 104C auf Fahrspuren lokalisiert.

[0054] Das Verfahren 500 umfasst in einem Block B506 eine Bestimmung einer Teilmenge der Objekte innerhalb einer Teilmenge der Fahrspuren, die zumindest teilweise auf der Zuordnung und einem Fahrspurpositionskriterium basiert. Zum Beispiel kann der Objektfilter 110 die Positionen einer gefilterten Menge von Objekten und/oder einer verbleibenden Liste von Objekten innerhalb der aktuellen Spur des Fahrzeugs, der rechten Nachbarspur der aktuellen Spur und der linken Nachbarspur der aktuellen Spur auf der Grundlage der Zuordnung und der Objektklasseninformationen bestimmen.

[0055] Das Verfahren 500 umfasst in einem Block B508 ein Übertragen von Daten, die für die Untergruppe der Objekte repräsentativ sind, an einen Objektverfolgungsalgorithmus zum Verfolgen der zweiten Untergruppe der Objekte. Beispielsweise können Daten, die für die gefilterte Menge von Objekten und/oder die verbleibende Liste von Objekten repräsentativ sind, an den Objektverfolger 112 übertragen werden, um die gefilterte Menge von Objekten und/oder die verbleibende Liste von Objekten zu verfolgen.

BEISPIELHAFTES AUTONOMES FAHRZEUG

[0056] Fig. 6A ist eine Darstellung eines beispielhaften autonomen Fahrzeugs 600, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Das autonome Fahrzeug 600 (hierin alternativ als das „Fahrzeug 600“ bezeichnet) kann, ohne Beschränkung darauf, ein Personenfahrzeug, wie z.B. ein Auto, ein Lastkraftwagen, ein Bus, ein Notfalleinsatzfahrzeug, ein Pendlerfahrzeug, ein Elektro-Fahrrad oder motorisiertes Fahrrad, ein Motorrad, ein Feuerwehrfahrzeug, ein Polizeifahrzeug, eine Ambulanz, ein Boot,

ein Baustellenfahrzeug, ein Unterwasserfahrzeug, eine Drohne und/oder eine andere Art von Fahrzeug (d.h. das unbemannt ist und/oder das einen oder mehrere Passagiere aufnimmt), beinhalten. Autonome Fahrzeuge werden allgemein im Hinblick auf Automatisierungsgrade beschrieben, die von der National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), einer Abteilung des US-Verkehrsministeriums, und der Society of Automotive Engineers (SAE) „Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles“ (Norm Nr. J3016-201806, veröffentlicht am 15. Juni 2018, Norm Nr. J3016-201609, veröffentlicht am 30. September 2016, sowie frühere und zukünftige Versionen dieser Norm) definiert werden. Das Fahrzeug 600 kann zu Funktionalität in Übereinstimmung mit einem oder mehreren der Level 3 - Level 5 der autonomen Fahrstufen in der Lage sein. Beispielsweise kann das Fahrzeug 600 je nach Ausführungsform zu einer bedingten Automatisierung (Level 3), einer hohen Automatisierung (Level 4) und/oder einer vollständigen Automatisierung (Level 5) in der Lage sein.

[0057] Das Fahrzeug 600 kann Komponenten wie ein Fahrgestell, eine Fahrzeugkarosserie, Räder (z.B. 2, 4, 6, 8, 18 usw.), Reifen, Achsen und andere Komponenten eines Fahrzeugs beinhalten. Das Fahrzeug 600 kann ein Antriebssystem 650 beinhalten, wie z.B. einen Verbrennungsmotor, ein Hybrid-Elektrokraftwerk, einen reinen Elektromotor und/oder einen anderen Antriebssystemtyp. Das Antriebssystem 650 kann mit einem Antriebsstrang des Fahrzeugs 600 verbunden sein, der ein Getriebe beinhalten kann, um den Antrieb des Fahrzeugs 600 zu ermöglichen. Das Antriebssystem 650 kann in Reaktion auf den Empfang von Signalen von der Drosselklappe/Beschleunigungsvorrichtung 652 gesteuert werden.

[0058] Ein Lenksystem 654, das ein Lenkrad beinhalten kann, kann verwendet werden, um das Fahrzeug 600 zu lenken (z.B. entlang eines gewünschten Weges oder einer gewünschten Route), wenn das Antriebssystem 650 in Betrieb ist (z.B. wenn das Fahrzeug in Bewegung ist). Das Lenksystem 654 kann Signale von einem Lenkaktor 656 empfangen. Das Lenkrad kann für vollständige Automatisierung (Stufe 5) optional sein.

[0059] Das Bremssensorsystem 646 kann dazu verwendet werden, die Fahrzeugbremsen im Ansprechen auf einen Empfang von Signalen von den Bremsaktuatoren bzw. -stellgliedern 648 und/oder Bremssensoren zu betätigen.

[0060] Eine oder mehrere Steuereinrichtung(en) 636, die ein oder mehrere System(e) auf Chips (SoCs) 604 (Fig. 6C) und/oder GPU(s) beinhalten kann/können, kann/können Signale (z.B. repräsenta-

tiv für Befehle) an ein(e) oder mehrere Komponenten und/oder Systeme des Fahrzeugs 600 liefern. Zum Beispiel kann/können die Steuereinrichtung(en) Signale zur Betätigung der Fahrzeugbremsen über einen oder mehrere Bremsaktuatoren 648, zur Betätigung des Lenksystems 654 über einen oder mehrere Lenkaktuatoren 656, zur Betätigung des Antriebssystems 650 über einen oder mehrere Drosselklappen/Beschleuniger 652 senden. Die Steuereinrichtung(en) 636 kann/können ein oder mehrere bordeigene (z.B. integrierte) Rechenvorrichtungen (z.B. Supercomputer) beinhalten, die Sensorsignale verarbeiten und Betriebsbefehle (z.B. Signale, die Anweisungen repräsentieren) ausgeben, um autonomes Fahren zu ermöglichen und/oder einen menschlichen Fahrer beim Führen des Fahrzeugs 600 zu unterstützen. Die Steuereinrichtung(en) 636 kann/können eine erste Steuereinrichtung 636 für autonome Fahrfunktionen, eine zweite Steuereinrichtung 636 für funktionale Sicherheitsfunktionen, eine dritte Steuereinrichtung 636 für Funktionen der künstlichen Intelligenz (z.B. Computer Vision), eine vierte Steuereinrichtung 636 für Infotainmentfunktionen, eine fünfte Steuereinrichtung 636 für Redundanz in Notfällen und/oder andere Steuereinrichtungen umfassen. In einigen Beispielen kann eine einzelne Steuereinrichtung 636 zwei oder mehr der vorstehend genannten Funktionalitäten handhaben, können zwei oder mehr Steuereinrichtungen 636 eine einzelne Funktionalität handhaben, und/oder eine beliebige Kombination davon.

[0061] Die Steuereinrichtung(en) 636 kann/können die Signale zur Steuerung einer oder mehrerer Komponenten und/oder Systeme des Fahrzeugs 600 im Ansprechen auf von einem oder mehreren Sensoren empfangene Sensordaten (z.B. Sensor-Inputs) bereitstellen. Die Sensordaten können z.B. und ohne Beschränkung darauf von einem oder mehreren Sensoren für globale Satellitennavigationssysteme 658 (z.B. von einem oder mehreren Global Positioning System-Sensor(en), RADAR-Sensor(en) 660, Ultraschall-Sensor(en) 662, LIDAR-Sensor(en) 664, Trägheitsmesseinheiten- bzw. Inertial Measurement Unit (IMU)-Sensor(en) 666 (z.B. Beschleunigungsmesser, Gyroskop(e), Magnetkompass(e), Magnetometer usw.), Mikrofon(e) 696, Stereokamera(s) 668, Weitwinkelkamera(s) 670 (z.B. Fisheye-Kameras), Infrarotkamera(s) 672, Surround-Kamera(s) 674 (z.B. 360-Grad-Kameras), Fern- und/oder Mittelbereichskamera(s) 698, Geschwindigkeitssensor(en) 644 (z.B. zur Messung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs 600), Vibrationssensor(en) 642, Lenksensor(en) 640, Bremsensensor(en) (z.B. als Teil des Bremssensorsystems 646) und/oder anderen Sensortypen empfangen werden.

[0062] Eine oder mehrere der Steuereinrichtung(en) 636 kann/können Eingaben (z.B. dargestellt durch

Eingangsdaten) von einem Kombiinstrument 632 des Fahrzeugs 600 empfangen und Ausgaben (z.B. dargestellt durch Ausgangsdaten, Anzeigedaten usw.) über eine Anzeige 634 einer Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI), einen akustischen Signalgeber, einen Lautsprecher und/oder über andere Komponenten des Fahrzeugs 600 bereitstellen. Die Ausgaben können Informationen wie beispielsweise Fahrzeuggeschwindigkeit, Geschwindigkeit, Zeit, Kartendaten (z.B. die HD-Karte 622 von **Fig. 6C**), Standortdaten (z.B. die Position des Fahrzeugs 600, wie beispielsweise auf einer Karte), Richtung, Position anderer Fahrzeuge (z.B. ein Belegungsrastrer), Informationen über Objekte und den Status von Objekten, wie von der/den Steuereinrichtung(en) 636 wahrgenommen, usw. beinhalten. Beispielsweise kann die HMI-Anzeige 634 Informationen über das Vorhandensein eines oder mehrerer Objekte (z.B. ein Straßenschild, ein Warnschild, einen Ampelwechsel usw.) und/oder Informationen über Fahrmanöver, die das Fahrzeug durchgeführt hat, durchführt oder durchführen wird (z.B. Spurwechsel jetzt, Ausfahrt 34B in zwei Meilen, usw.) anzeigen.

[0063] Das Fahrzeug 600 beinhaltet ferner eine Netzwerkschnittstelle 624, welche eine oder mehrere drahtlose Antenne(n) 626 und/oder ein oder mehrere Modem(s) zur Kommunikation über ein oder mehrere Netzwerke verwenden kann. Zum Beispiel kann die Netzwerkschnittstelle 624 in der Lage sein, über LTE, WCDMA, UMTS, GSM, CDMA2000 usw. zu kommunizieren. Die drahtlose(n) Antenne(n) 626 kann/können unter Verwendung von lokalen Netzwerken, wie beispielsweise Bluetooth, Bluetooth LE, Z-Wave, ZigBee usw., und/oder Breitbandnetzwerken mit geringer Leistung (LPWANs), wie beispielsweise LoRaWAN, SigFox usw., auch die Kommunikation zwischen Objekten in der Umgebung (z.B. Fahrzeugen, mobilen Geräten usw.) ermöglichen.

[0064] **Fig. 6B** ist ein Beispiel für Kamerastandorte und Sichtfelder für das beispielhafte autonome Fahrzeug 600 von **Fig. 6A**, in Übereinstimmung mit einigen Ausführungsformen der Erfindung. Die Kameras und die entsprechenden Sichtfelder sind eine beispielhafte Ausführungsform und sollen nicht beschränkend sein. Beispielsweise können zusätzliche und/oder alternative Kameras enthalten sein und/oder können sich die Kameras an verschiedenen Orten auf dem Fahrzeug 600 befinden.

[0065] Die Kameratypen für die Kameras können, ohne darauf beschränkt zu sein, Digitalkameras beinhalten, die für die Verwendung mit den Komponenten und/oder Systemen des Fahrzeugs 600 angepasst sein können. Die Kamera(s) können auf einer Fahrzeugsicherheitsintegritätsstufe (Automotive Safety Integrity Level, ASIL) B und/oder einer anderen ASIL-Stufe betrieben werden. Die Kameratypen können je nach Ausführungsform zu jeder

beliebigen Bildaufnahmezeitrate in der Lage sein, z.B. zu 60 Bildern pro Sekunde (frames per second, fps), 120 fps, 240 fps usw. Die Kameras können zur Verwendung von Rolling Shutter, Global Shutter, eines anderen Typs von Verschluss oder eine Kombination derselben in der Lage sein. In einigen Beispielen kann die Farbfilteranordnung eine Rot-Klar-Klar (RCCC)-Farbfilteranordnung, eine Rot-Klar-Klar-Blau (RCCB)-Farbfilteranordnung, eine Rot-Blau-Grün-Klar (RBGC)-Farbfilteranordnung, eine Foveon X3-Farbfilteranordnung, eine Bayer-Sensoren (RGGB)-Farbfilteranordnung, eine Monochrom-Sensor-Farbfilteranordnung und/oder eine andere Art von Farbfilteranordnung beinhalten. In einigen Ausführungsformen können Kameras mit klaren Pixeln, wie z.B. Kameras mit einer RCCC-, einer RCCB- und/oder einer RBGC-Farbfilteranordnung, dazu verwendet werden, die Lichtempfindlichkeit zu erhöhen.

[0066] In einigen Beispielen können eine oder mehrere der Kamera(s) dazu verwendet werden, fortgeschrittene Fahrerassistenzsystem (Advanced Driver Assistance Functions, ADAS)-Funktionen durchzuführen (z.B. als Teil eines redundanten oder ausfallsicheren Designs). Beispielsweise kann eine Multifunktions-Monokamera installiert sein, um Funktionen einschließlich Spurverlassenswarnung, Verkehrszeichenassistent und intelligente Scheinwerfersteuerung bereitzustellen. Eine oder mehrere der Kamera(s) (z.B. alle Kameras) können gleichzeitig Bilddaten (z.B. Video) aufzeichnen und bereitstellen.

[0067] Eine oder mehrere der Kameras können in einer Montagebaugruppe, wie beispielsweise einer kundenspezifisch gestalteten (3-D-gedruckten) Baugruppe, montiert sein, um Streulicht und Reflexionen aus dem Fahrzeuginnenraum (z.B. Reflexionen von dem Armaturenbrett, die in den Windschutzscheibenspiegeln reflektiert werden), die die Bilddatenerfassungsfähigkeiten der Kamera stören könnten, auszuschließen. In Bezug auf Klappspiegelbefestigungsbaugruppen können die Klappspiegelbaugruppen kundenspezifisch 3-D-gedruckt sein, so dass die Kameramontageplatte mit der Form des Klappspiegels übereinstimmt. In einigen Beispielen kann/können die Kamera(s) in den Klappspiegel integriert sein. Bei Seitensichtkameras können die Kamera(s) auch in die vier Säulen an jeder Ecke der Kabine integriert sein.

[0068] Kameras mit einem Sichtfeld, das Teile der Umgebung vor dem Fahrzeug 600 einschließt (z.B. nach vorne gerichtete Kameras), können für Surround- bzw. Rundumsicht verwendet werden, um nach vorne gerichtete Wege und Hindernisse zu identifizieren, sowie mit Hilfe eines oder mehrerer Steuergeräte 636 und/oder Steuerungs-SoCs bei der Bereitstellung von Informationen, die für die Erzeugung eines Belegungsrasters und/oder die

Bestimmung der bevorzugten Fahrzeugpfade entscheidend sind, unterstützen. Nach vorne gerichtete Kameras können dazu verwendet werden, viele der gleichen ADAS-Funktionen wie LIDAR auszuführen, einschließlich Notbremsung, Fußgängererkennung und Kollisionsvermeidung. Nach vorn gerichtete Kameras können auch für ADAS-Funktionen und -Systeme wie Spurverlassenswarnsysteme (Lane Departure Warning, „LDW“), Autonome Geschwindigkeitsregelung (Autonomous Cruise Control, „ACC“) und/oder andere Funktionen wie Verkehrszeichenerkennung verwendet werden.

[0069] Eine Vielzahl von Kameras kann in einer nach vorne gerichteten Konfiguration verwendet werden, einschließlich z.B. einer monokularen Kameraplattform, die einen CMOS (komplementärer Metalloxid-Halbleiter)-Farbbildsensor enthält. Ein weiteres Beispiel kann eine oder mehrere Weitwinkelkamera(s) 670 sein, die zur Wahrnehmung von Objekten verwendet werden kann/können, die von der Peripherie aus in Sicht kommen (z.B. Fußgänger, kreuzender Verkehr oder Fahrräder). Obwohl nur eine Weitwinkelkamera in **Fig. 6B** dargestellt ist, können beliebig viele Weitwinkelkameras 670 an dem Fahrzeug 600 vorhanden sein. Darüber hinaus kann/können eine oder mehrere Fernbereichkamera(s) 698 (z.B. ein Fernbereich-Stereokamerapaar) zur tiefenbasierten Objekterfassung verwendet werden, insbesondere für Objekte, für die ein neuronales Netzwerk noch nicht trainiert worden ist. Die Fernbereichkamera(s) 698 kann/können auch zur Objekterfassung und -klassifizierung sowie zur grundlegenden Objektverfolgung verwendet werden.

[0070] Auch eine oder mehrere Stereokameras 668 können in einer nach vorne gerichteten Konfiguration enthalten sein. Die Stereokamera(s) 668 kann/können eine integrierte Steuereinheit mit einer skalierbaren Verarbeitungseinheit beinhalten, die eine programmierbare Logik (FPGA) und einen Mehrkern-Mikroprozessor mit einer integrierten CAN- oder Ethernet-Schnittstelle auf einem einzelnen Chip bereitstellen kann. Eine solche Einheit kann dazu verwendet werden, eine 3D-Karte der Fahrzeugumgebung zu erzeugen, einschließlich einer Entfernungsschätzung für alle Punkte im Bild. Eine oder mehrere alternative Stereokamera(s) 668 kann/können einen oder mehrere kompakte(n) Stereovision-Sensor(en) beinhalten, der/die zwei Kameralinsen (je eine links und rechts) und einen Bildverarbeitungschip umfassen kann/können, der die Entfernung von dem Fahrzeug zu dem Zielobjekt messen und die erzeugten Informationen (z.B. Metadaten) zur Aktivierung der autonomen Notbrems- und Spurverlassenswarnfunktionen verwenden kann. Andere Arten von Stereokamera(s) 668 können zusätzlich zu oder alternativ zu den hierin beschriebenen verwendet werden.

[0071] Kameras mit einem Sichtfeld, das Teile der Umgebung seitlich des Fahrzeugs 600 einschließt (z.B. Seitensichtkameras), können zur Rundumsicht verwendet werden und Informationen liefern, die zur Erstellung und Aktualisierung des Belegungsrasters sowie zur Erzeugung von Warnungen vor Seitenaufprall-Kollisionen verwendet werden. Zum Beispiel kann/können eine oder mehrere Surround-Kamera(s) 674 (z.B. vier Surround-Kameras 674 wie in **Fig. 6B** dargestellt) auf dem Fahrzeug 600 positioniert sein. Die Surround-Kamera(s) 674 kann/können Weitwinkelkamera(s) 670, Fischaugen-Kamera(s), 360-Grad-Kamera(s) und/oder dergleichen beinhalten. Zum Beispiel können vier Fischaugen-Kameras an der Vorderseite, am Heck und an den Seiten des Fahrzeugs positioniert sein. In einer alternativen Anordnung kann das Fahrzeug drei Surround-Kamera(s) 674 (z.B. links, rechts und hinten) verwenden, und kann eine oder mehrere andere Kamera(s) (z.B. eine nach vorn gerichtete Kamera) als eine vierte Rundumsicht-Kamera einsetzen.

[0072] Kameras mit einem Sichtfeld, das Teile der Umgebung hinter dem Fahrzeug 600 einschließt (z.B. Rückfahrkameras), können zur Einparkhilfe, Rundumsicht, Warnungen vor Heckaufprall und Erstellung und Aktualisierung des Belegungsrasters verwendet werden. Es kann eine breite Vielfalt von Kameras verwendet werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Kameras, die auch als nach vorn gerichtete Kamera(s) (z.B. die Fern- und/oder Mittelbereichskamera(s) 698, die Stereokamera(s) 668, die Infrarotkamera(s) 672 usw.) geeignet sind, wie hierin beschrieben.

[0073] **Fig. 6C** ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Systemarchitektur für das beispielhafte autonome Fahrzeug 600 von **Fig. 6A**, in Übereinstimmung mit einigen Ausführungsformen der Erfindung. Es versteht sich, dass diese und andere hierin beschriebene Anordnungen nur als Beispiele dargestellt sind. Andere Anordnungen und Elemente (z.B. Maschinen, Schnittstellen, Funktionen, Anweisungen, Gruppierungen von Funktionen usw.) können zusätzlich zu oder anstelle der gezeigten verwendet werden, und einige Elemente können ganz weggelassen werden. Ferner sind viele der hierin beschriebenen Elemente funktionale Entitäten, die als diskrete oder verteilte Komponenten oder in Verbindung mit anderen Komponenten und in jeder geeigneten Kombination und Lage implementiert werden können. Verschiedene hierin beschriebene Funktionen, die von Entitäten ausgeführt werden, können von Hardware, Firmware und/oder Software ausgeführt werden. Beispielsweise können verschiedene Funktionen von einem Prozessor ausgeführt werden, der in einem Speicher gespeicherte Anweisungen ausführt.

[0074] Jede(s) der Komponenten, Merkmale und Systeme des Fahrzeugs 600 in **Fig. 6C** ist/sind als über einen Bus 602 verbunden dargestellt. Der Bus 602 kann eine Datenschnittstelle für ein Controller Area Network (CAN) (hierin alternativ als „CAN-Bus“ bezeichnet) beinhalten. Ein CAN kann ein Netzwerk innerhalb des Fahrzeugs 600 sein, das zur Unterstützung der Steuerung verschiedener Merkmale und Funktionen des Fahrzeugs 600, wie z.B. Bremsbetätigung, Beschleunigung, Bremsen, Lenkung, Scheibenwischer usw., verwendet wird. Ein CAN-Bus kann dazu konfiguriert sein, Dutzende oder sogar Hunderte von Knoten zu haben, von denen jeder seinen eigenen eindeutigen Identifikator (z.B. eine CAN-ID) hat. Der CAN-Bus kann ausgelesen werden, um einen Lenkwinkel, eine Fahrgeschwindigkeit, eine Motordrehzahl (RPMs bzw. 1/min), Schalterstellungen und/oder andere Fahrzeugstatusanzeigen festzustellen. Der CAN-Bus kann ASIL B-konform sein.

[0075] Obwohl der Bus 602 hierin als ein CAN-Bus beschrieben wird, soll dies nicht beschränkend sein. Zum Beispiel können zusätzlich zu dem oder alternativ zu dem CAN-Bus FlexRay und/oder Ethernet verwendet werden. Auch wenn eine einzelne Leitung zur Darstellung des Busses 602 verwendet wird, soll dies nicht beschränkend sein. Beispielsweise kann eine beliebige Anzahl von Bussen 602 vorhanden sein, die einen oder mehrere CAN-Busse, einen oder mehrere FlexRay-Busse, einen oder mehrere Ethernet-Busse und/oder einen oder mehrere andere Arten von Bussen, die ein anderes Protokoll verwenden, beinhalten können. In einigen Beispielen können zwei oder mehr Busse 602 zur Ausführung verschiedener Funktionen und/oder zur Redundanz verwendet werden. Beispielsweise kann ein erster Bus 602 für die Kollisionsvermeidungsfunktionalität und ein zweiter Bus 602 für die Betätigungssteuerung verwendet werden. In jedem Beispiel kann jeder Bus 602 mit jeder der Komponenten des Fahrzeugs 600 kommunizieren, und können zwei oder mehr Busse 602 mit den gleichen Komponenten kommunizieren. In einigen Beispielen kann jeder SoC 604, jede Steuereinrichtung 636 und/oder jeder Computer innerhalb des Fahrzeugs Zugriff auf die gleichen Eingangsdaten (z.B. Inputs von Sensoren des Fahrzeugs 600) haben und mit einem gemeinsamen Bus, z.B. dem CAN-Bus, verbunden sein.

[0076] Das Fahrzeug 600 kann eine oder mehrere Steuereinrichtung(en) 636 beinhalten, wie sie hierin in Bezug auf **Fig. 6A** beschrieben sind. Die Steuereinrichtung(en) 636 kann/können für eine Vielzahl von Funktionen verwendet werden. Die Steuereinrichtung(en) 636 kann/können mit verschiedenen anderen Komponenten und Systemen des Fahrzeugs 600 gekoppelt werden und kann/können zur Steuerung des Fahrzeugs 600, zur künstlichen Intel-

lizenzen des Fahrzeugs 600, zum Infotainment des Fahrzeugs 600 und/oder ähnlichem verwendet werden.

[0077] Das Fahrzeug 600 kann ein oder mehrere System(e) auf einem Chip (SoC) 604 beinhalten. Das SoC 604 kann CPU(s) 606, GPU(s) 608, Prozessor(en) 610, Cache(s) 612, Beschleuniger 614, Datenspeicher 616 und/oder andere nicht dargestellte Komponenten und Merkmale beinhalten. Das/die SoC(s) 604 kann/können zur Steuerung des Fahrzeugs 600 in einer Vielzahl von Plattformen und Systemen verwendet werden. Beispielsweise können das/die SoC(s) 604 in einem System (z.B. dem System des Fahrzeugs 600) mit einer HD-Karte 622 kombiniert sein, die über eine Netzwerkschnittstelle 624 von einem oder mehreren Servern (z.B. dem/den Server(n) 678 von **Fig. 6D**) Kartenauffrischungen und/oder Aktualisierungen erhalten kann.

[0078] Die CPU(s) 606 können einen CPU-Cluster oder CPU-Komplex (hierin alternativ als „CCPLEX“ bezeichnet) beinhalten. Die CPU(s) 606 kann/können mehrere Kerne und/oder L2-Caches beinhalten. Beispielsweise kann/können die CPU(s) 606 in einigen Ausführungsformen acht Kerne in einer kohärenten Multiprozessor-Konfiguration beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann/können die CPU(s) 606 vier Dual-Core-Cluster beinhalten, wobei jeder Cluster über einen eigenen L2-Cache verfügt (z.B. einen 2 MB großen L2-Cache). Die CPU(s) 606 (z.B. CPLEX) kann/können dazu konfiguriert sein, gleichzeitigen Clusterbetrieb zu unterstützen, so dass jede beliebige Kombination der Cluster der CPU(s) 606 zu jedem beliebigen Zeitpunkt aktiv sein kann.

[0079] Die CPU(s) 606 kann/können Energieverwaltungsfunktionen implementieren, die eines oder mehrere der folgenden Merkmale beinhalten: einzelne Hardware-Blöcke können im Leerlauf automatisch taktgesteuert werden, um dynamische Energie zu sparen; jeder Kerntakt kann gesteuert werden, wenn der Kern aufgrund einer Ausführung von WFI/WFE-Anweisungen Anweisungen nicht aktiv ausführt; jeder Kern kann unabhängig leistungsgesteuert werden; jeder Kerncluster kann unabhängig taktgesteuert werden, wenn alle Kerne taktgesteuert oder leistungsgesteuert werden; und/oder jeder Kerncluster kann unabhängig leistungsgesteuert werden, wenn alle Kerne leistungsgesteuert werden. Die CPU(s) 606 kann/können darüber hinaus einen erweiterten Algorithmus für die Verwaltung von Leistungszuständen implementieren, wobei zulässige Leistungszustände und erwartete Aufwachzeiten spezifiziert sind und die Hardware/der Mikrocode den besten Leistungszustand ermittelt, in den der Kern, der Cluster und der CPLEX eintreten soll. Die Verarbeitungskerne können vereinfachte Leistungszustand-Eintrittssequenzen in Software unter-

stützen, wobei die Arbeit auf Mikrocode verlagert wird.

[0080] Die GPU(s) 608 kann/können eine integrierte GPU (hierin alternativ als „iGPU“ bezeichnet) beinhalten. Die GPU(s) 608 kann/können programmierbar und für parallele Arbeitslasten effizient sein. Die GPU(s) 608 kann/können in einigen Beispielen einen erweiterten Tensor-Befehlssatz verwenden. Die GPU(s) 608 kann/können einen oder mehrere Streaming-Mikroprozessoren beinhalten, wobei jeder Streaming-Mikroprozessor einen L1-Cache (z.B. einen L1-Cache mit zumindest 96 KB Speicherkapazität) beinhalten kann und zwei oder mehr der Streaming-Mikroprozessoren sich einen L2-Cache (z.B. einen L2-Cache mit 512 KB Speicherkapazität) teilen können. In einigen Ausführungsformen können die GPU(s) 608 zumindest acht Streaming-Mikroprozessoren beinhalten. Die GPU(s) 608 kann/können Compute Application Programming Interface(s) (API(s)) verwenden. Darüber hinaus kann/können die GPU(s) 608 eine oder mehrere parallele Rechnerplattformen und/oder Programmiermodelle (z.B. CUDA von NVIDIA) verwenden.

[0081] Die GPU(s) 608 kann/können für beste Leistung in Automobil- und Embedded-Anwendungsfällen leistungsoptimiert sein. Die GPU(s) 608 kann/können beispielsweise auf einem Fin-Feldeffekttransistor (FinFET) hergestellt sein. Dies soll jedoch nicht beschränkend sein, so dass die GPU(s) 608 unter Verwendung anderer Halbleiterherstellungsverfahren hergestellt sein kann/können. Jeder Streaming-Mikroprozessor kann eine Anzahl von Verarbeitungskernen mit gemischter Genauigkeit beinhalten, die in mehrere Blöcke unterteilt sind. Zum Beispiel und ohne Beschränkung darauf können 64 PF32-Kerne und 32 PF64-Kerne in vier Verarbeitungsblöcke partitioniert sein. In einem solchen Beispiel können jedem Verarbeitungsblock 16 FP32-Kerne, 8 FP64-Kerne, 16 INT32-Kerne, zwei gemischtgenaue NVIDIA TENSOR-CORES für Deep-Learning-Matrixarithmetik, ein L0-Befehls-cache, ein Warp-Scheduler, eine Sendeeinheit und/oder eine 64 KB-Registerdatei zugewiesen sein. Darüber hinaus können die Streaming-Mikroprozessoren unabhängige parallele Ganzzahl- und Fließkommadata-Pfade beinhalten, um eine effiziente Ausführung von Arbeitslasten mit einer Mischung aus Rechen- und Adressierungsberechnungen zu ermöglichen. Die Streaming-Mikroprozessoren können unabhängige Thread-Scheduling-Fähigkeiten beinhalten, um eine feinkörnigere Synchronisierung und Kooperation zwischen parallelen Threads zu ermöglichen. Die Streaming-Mikroprozessoren können einen kombinierten L1-Daten-Cache und eine gemeinsame Speichereinheit beinhalten, um die Leistung zu verbessern und gleichzeitig die Programmierung zu vereinfachen.

[0082] Die GPU(s) 608 kann/können einen Speicher mit hoher Bandbreite (High Bandwidth Memory, HBM) und/oder ein 16 GB HBM2-Speichersubsystem beinhalten, um in einigen Beispielen eine Spitzenspeicherbandbreite von etwa 900 GB/Sekunde bereitzustellen. In einigen Beispielen kann zusätzlich zu dem oder alternativ zu dem HBM-Speicher ein synchroner Grafik-Direktzugriffsspeicher (SGRAM) verwendet werden, wie z.B. ein synchroner Grafik-Direktzugriffsspeicher mit doppelter Datenrate vom Typ fünf (GDDR5).

[0083] Die GPU(s) 608 kann/können eine einheitliche Speichertechnologie mit Zugriffszählern beinhalten, um eine genauere Migration von Speicherseiten zu dem Prozessor zu ermöglichen, der am häufigsten auf sie zugreift, wodurch die Effizienz für Speicherbereiche, die zwischen Prozessoren gemeinsam genutzt werden, verbessert wird. In einigen Beispielen kann die Unterstützung von Adressübersetzungsdiensten (ATS) genutzt werden, um der/den GPU(s) 608 den direkten Zugriff auf die Seitentabellen der CPU(s) 606 zu ermöglichen. In solchen Beispielen kann dann, wenn die Speicherverwaltungseinheit (MMU) der GPU(s) 608 einen Fehler aufweist, eine Adressübersetzungsanforderung an die CPU(s) 606 übertragen werden. Als Antwort darauf kann/können die CPU(s) 606 in ihren Seitentabellen nach der virtuellen-zu-physischen Abbildung für die Adresse suchen und die Übersetzung zurück an die GPU(s) 608 übertragen. Somit kann die einheitliche bzw. Unified Memory-Technologie einen einzigen einheitlichen virtuellen Adressraum für Speicher sowohl der CPU(s) 606 als auch der/den GPU(s) 608 ermöglichen, wodurch die Programmierung der GPU(s) 608 und die Portierung von Anwendungen auf die GPU(s) 608 vereinfacht wird.

[0084] Darüber hinaus kann/können die GPU(s) 608 einen Zugriffszähler beinhalten, der die Häufigkeit des Zugriffs der GPU(s) 608 auf den Speicher anderer Prozessoren nachverfolgen kann. Der Zugriffszähler kann dazu beitragen, sicherzustellen, dass Speicherseiten in den physischen Speicher des Prozessors verschoben werden, der am häufigsten auf die Seiten zugreift.

[0085] Das/die SoC(s) 604 kann/können eine beliebige Anzahl von Cache(s) 612, einschließlich der hierin beschriebenen, beinhalten. Der/die Cache(s) 612 kann/können beispielsweise einen L3-Cache beinhalten, der sowohl der/den CPU(s) 606 als auch der/den GPU(s) 608 zur Verfügung steht (d.h. der sowohl mit der/den CPU(s) 606 als auch der/den GPU(s) 608 verbunden ist). Der/die Cache(s) 612 kann/können einen Write-Back-Cache beinhalten, der den Zustand von Leitungen nachverfolgen kann, z.B. unter Verwendung eines Cache-Kohärenzprotokolls (z.B. MEI, MESI, MSI usw.). Der L3-Cache kann je nach Ausführungsform 4 MB oder mehr umfassen,

wobei auch kleinere Cache-Größen verwendet werden können.

[0086] Das/die SoC(s) 604 kann/können eine oder mehrere Arithmetik-Logik-Einheit(en) (ALU(s)) beinhalten, die bei der Durchführung von Verarbeitungen in Bezug auf eine der verschiedenen Aufgaben oder Operationen des Fahrzeugs 600 - wie z.B. die Verarbeitung von DNNs - genutzt werden kann/können. Darüber hinaus kann/können das/die SoC(s) 604 eine oder mehrere Gleitkommaeinheit(en) (FPU(s)) - oder andere mathematische Coprozessoren oder numerische Coprozessor-Typen - zur Durchführung mathematischer Operationen innerhalb des Systems beinhalten. Beispielsweise kann/können das/die SoC(s) 104 eine oder mehrere FPUs enthalten, die als Ausführungseinheiten in einer oder mehreren CPU(s) 606 und/oder GPU(s) 608 integriert sind.

[0087] Das/die SoC(s) 604 kann/können einen oder mehrere Beschleuniger 614 (z.B. Hardware-Beschleuniger, Software-Beschleuniger oder eine Kombination davon) beinhalten. Das/die SoC(s) 604 kann/können z.B. einen Hardware-Beschleunigungscluster beinhalten, der optimierte Hardware-Beschleuniger und/oder großen On-Chip-Speicher beinhalten kann. Der große On-Chip-Speicher (z.B. 4 MB SRAM) kann es dem Hardware-Beschleunigungscluster ermöglichen, neuronale Netzwerke und andere Berechnungen zu beschleunigen. Der Hardware-Beschleunigungscluster kann zur Ergänzung der GPU(s) 608 und zur Auslagerung einiger der Aufgaben der GPU(s) 608 verwendet werden (z.B. um mehr Zyklen der GPU(s) 608 für die Ausführung anderer Aufgaben freizugeben). Der/die Beschleuniger 614 kann/können z.B. für gezielte Arbeitslasten (z.B. Wahrnehmung, faltende neuronale Netzwerke (CNNs) usw.) verwendet werden, die stabil genug sind, um für eine Beschleunigung geeignet zu sein. Der Begriff „CNN“ wie hierin verwendet kann alle Arten von CNNs einschließen, einschließlich regionsbasierter oder regionaler faltender neuronaler Netzwerke (RCNNs) und schneller RCNNs (z.B. wie sie zur Objekterfassung verwendet werden).

[0088] Der/die Beschleuniger 614 (z.B. der Hardware-Beschleunigungscluster) kann/können einen oder mehrere tief lernende(n) Beschleuniger (DLA) beinhalten. Der/die DLA(s) kann/können eine oder mehrere Tensorverarbeitungseinheiten (TPUs) beinhalten, die dazu konfiguriert sein können, zusätzliche zehn Trillionen Operationen pro Sekunde für Deep Learning-Anwendungen und Inferenzierung bereitzustellen. Die TPUs können Beschleuniger sein, die dazu konfiguriert und optimiert sind, Bildverarbeitungsfunktionen auszuführen (z.B. für CNNs, RCNNs usw.). Der/die DLA(s) können ferner für einen bestimmten Satz von Typen neuronaler Netzwerke und Gleitkommaoperationen sowie für die

Inferenzierung optimiert sein. Die Ausgestaltung des/der DLA(s) kann mehr Leistung pro Millimeter als eine Allzweck-GPU bereitstellen und übertrifft bei weitem die Leistung einer CPU. Die TPU(s) kann/können mehrere Funktionen, einschließlich einer Einzelinstanz-Faltungsfunktion, die z.B. INT8-, INT16- und FP16-Datentypen sowohl für Merkmale als auch Gewichte unterstützt, als auch Nachverarbeitungsfunktionen ausführen.

[0089] Der/die DLA(s) können schnell und effizient neuronale Netzwerke, insbesondere CNNs, auf verarbeiteten oder unverarbeiteten Daten für eine Vielzahl von Funktionen ausführen, z.B. und ohne Einschränkung darauf: ein CNN zur Objektidentifizierung und -erfassung unter Verwendung von Daten von Kamerasensoren; ein CNN zur Entfernungsschätzung unter Verwendung von Daten von Kamerasensoren; ein CNN zur Notfallfahrzeugerkennung und -identifizierung und -erfassung unter Verwendung von Daten von Mikrofonen; ein CNN zur Gesichtserkennung und Fahrzeugbesitzeridentifizierung unter Verwendung von Daten von Kamerasensoren; und/oder ein CNN für sicherheitsrelevante Ereignisse.

[0090] Der/die DLA(s) kann/können jede Funktion der GPU(s) 608 durchführen, und unter Verwendung z.B. eines Inferenzbeschleunigers kann ein Entwickler für jede Funktion entweder den/die DLA(s) oder die GPU(s) 608 targeten. Der Entwickler kann z.B. die Verarbeitung von CNNs und Gleitkommaoperationen auf den/die DLA(s) konzentrieren und andere Funktionen der/den GPU(s) 608 und/oder anderen Beschleuniger(n) 614 überlassen.

[0091] Der/die Beschleuniger 614 (z.B. der Hardware-Beschleunigungscluster) kann/können einen oder mehrere programmierbare Sichtbeschleuniger (Programmable Vision Accelerator(s), PVA) beinhalten, der/die hierin alternativ als Computer Vision Accelerator bezeichnet werden kann/können. Der/die PVA(s) kann/können dazu ausgelegt und konfiguriert sein, Computer Vision-Algorithmen für die fortgeschrittenen Fahrerassistenzsysteme (ADAS), autonomes Fahren und/oder Anwendungen der erweiterten Realität (Augmented Reality, AR) und/oder virtuellen Realität (Virtual Reality, VR) zu beschleunigen. Der/die PVA(s) kann/können ein Gleichgewicht zwischen Leistung und Flexibilität bereitstellen. Jeder/jeder der PVA(s) kann beispielsweise und ohne Einschränkung darauf eine beliebige Anzahl von RISC (Reduced Instruction Set Computer)-Kernen bzw. Kernen für Computer mit reduziertem Befehlssatz, Direktspeicherzugriff (Direct Memory Access, DMA) und/oder eine beliebige Anzahl von Vektorprozessoren beinhalten.

[0092] Die RISC-Kerne können mit Bildsensoren (z.B. den Bildsensoren jeder der hierin beschriebe-

nen Kameras), einem oder mehreren Bildsignalprozessor(en) und/oder dergleichen interagieren. Jeder der RISC-Kerne kann eine beliebige Menge an Speicher beinhalten. Die RISC-Kerne können je nach Ausführungsform eines von mehreren Protokollen verwenden. In einigen Beispielen können die RISC-Kerne ein Echtzeitbetriebssystem (Real-Time Operating System, RTOS) ausführen. Die RISC-Kerne können unter Verwendung einer oder mehrerer integrierter Schaltkreisanordnungen, anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreise (Application Specific Integrated Circuits, ASICs) und/oder Speichereinrichtungen implementiert sein. Beispielsweise können die RISC-Kerne einen Befehls-cache und/oder ein eng gekoppeltes RAM beinhalten.

[0093] Der DMA kann es Komponenten der PVA(s) ermöglichen, unabhängig von der/den CPU(s) 606 auf den Systemspeicher zuzugreifen. Der DMA kann eine beliebige Anzahl von Funktionen unterstützen, die zur Bereitstellung einer Optimierung für den PVA verwendet werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, die Unterstützung einer mehrdimensionalen Adressierung und/oder einer Ringadressierung. In einigen Beispielen kann der DMA bis zu sechs oder mehr Dimensionen der Adressierung unterstützen, darunter Blockbreite, Blockhöhe, Blocktiefe, horizontales Blockstepping, vertikales Blockstepping und/oder Tiefenstepping.

[0094] Die Vektorprozessoren können programmierbare Prozessoren sein, die dazu ausgelegt sein können, die Programmierung von Computer Vision-Algorithmen effizient und flexibel auszuführen und Signalverarbeitungsfähigkeiten bereitzustellen. In einigen Beispielen kann der PVA einen PVA-Kern und zwei Subsystem-Partitionen für die Vektorverarbeitung beinhalten. Der PVA-Kern kann ein Prozessor-Subsystem, eine oder mehrere DMA-Engine(s) (z.B. zwei DMA-Engines) und/oder andere Peripherievorrichtungen beinhalten. Das Vektorverarbeitungs-Subsystem kann als die primäre Verarbeitungs-Engine des PVA arbeiten und kann eine Vektorverarbeitungseinheit (Vector Processing Unit, VPU), einen Befehls-cache und/oder einen Vektorspeicher (z.B. VMEM) beinhalten. Ein VPU-Kern kann einen digitalen Signalprozessor beinhalten, wie z.B. einen digitalen Signalprozessor für eine einzelne Anweisung und mehrere Daten (Single Instruction, Multiple Data, SIMD) oder einen digitalen Signalprozessor für ein sehr langes Anweisungswort (Very Long Instruction Word, VLIW). Die Kombination von SIMD und VLIW kann den Durchsatz und die Geschwindigkeit erhöhen.

[0095] Jeder der Vektorprozessoren kann einen Befehls-cache beinhalten und kann mit dediziertem Speicher gekoppelt sein. Infolgedessen kann in einigen Beispielen jeder der Vektorprozessoren dazu konfiguriert sein, unabhängig von den anderen Vek-

torprozessoren auszuführen. In anderen Beispielen können die Vektorprozessoren, die in einem bestimmten PVA enthalten sind, dazu konfiguriert sein, Datenparallelität zu verwenden. In einigen Ausführungsformen kann z.B. die Mehrzahl der Vektorprozessoren, die in einem einzigen PVA enthalten sind, denselben Computer Vision-Algorithmus ausführen, jedoch in verschiedenen Regionen eines Bilds. In anderen Beispielen können die in einem bestimmten PVA enthaltenen Vektorprozessoren gleichzeitig verschiedene Computer Vision-Algorithmen auf demselben Bild ausführen, oder sogar verschiedene Computer Vision-Algorithmen für aufeinanderfolgende Bilder oder Teile eines Bilds ausführen. Unter anderem kann eine beliebige Anzahl von PVAs in dem Hardware-Beschleunigungscluster und eine beliebige Anzahl von Vektorprozessoren in jedem der PVAs enthalten sein. Darüber hinaus können der/die PVA(s) zusätzlichen Fehlerkorrekturcode-Speicher bzw. ECC (Error Correction Code)-Speicher beinhalten, um die Gesamtsystemsicherheit zu erhöhen.

[0096] Der/die Beschleuniger 614 (z.B. der Hardware-Beschleunigungscluster) kann ein Computer Vision-Netzwerk auf dem Chip und SRAM beinhalten, um SRAM mit hoher Bandbreite und niedriger Latenz für den/die Beschleuniger 614 bereitzustellen. In einigen Beispielen kann der On-Chip-Speicher zumindest 4 MB SRAM umfassen, das z.B. und ohne Beschränkung darauf aus acht feldkonfigurierbaren Speicherblöcken besteht, auf die sowohl der PVA als auch der DLA zugreifen können. Jedes Paar von Speicherblöcken kann eine Advanced Peripheral Bus (APB)-Schnittstelle, Konfigurationsschaltkreise, eine Steuereinrichtung und einen Multiplexer beinhalten. Jede Art von Speicher kann verwendet werden. Der PVA und der DLA können über einen Backbone, der dem PVA und dem DLA Hochgeschwindigkeitszugriff auf den Speicher ermöglicht, auf den Speicher zugreifen. Der Backbone kann ein Computer Vision-Netzwerk auf dem Chip umfassen, das den PVA und den DLA mit dem Speicher verbindet (z.B. unter Verwendung des APB).

[0097] Das On-Chip-Computer Vision-Netzwerk kann eine Schnittstelle beinhalten, die vor der Übertragung irgendwelcher Steuersignale/Adressen/Daten bestimmt, dass sowohl der PVA als auch der DLA fertige und gültige Signale liefern. Eine solche Schnittstelle kann separate Phasen und separate Kanäle für die Übertragung von Steuersignalen/Adressen/Daten sowie Burst-Kommunikationen für kontinuierliche Datenübertragung bereitstellen. Diese Art von Schnittstelle kann den Normen ISO 26262 oder IEC 61508 entsprechen, es können jedoch auch andere Normen und Protokolle verwendet werden.

[0098] In einigen Beispielen kann/können das/die SoC(s) 1104 einen Hardware-Beschleuniger für Echtzeit-Strahlenverfolgung bzw. Echtzeit-Raytracing-Hardwarebeschleuniger beinhalten, wie in der am 10. August 2018 eingereichten U.S. Patentanmeldung Nr. 16/101,232 beschrieben. Der Echtzeit-Raytracing-Hardwarebeschleuniger kann zur schnellen und effizienten Bestimmung der Orte und Ausdehnungen von Objekten (z.B. innerhalb eines Weltmodells), zur Erzeugung von Echtzeit-Visualisierungssimulationen, zur RADAR-Signalinterpretation, zur Schallausbreitungssynthese und/oder -analyse, zur Simulation von SONAR-Systemen, zur allgemeinen Wellenausbreitungssimulation, zum Vergleich mit LIDAR-Daten zum Zwecke der Lokalisierung und/oder anderer Funktionen und/oder für andere Zwecke verwendet werden. In einigen Ausführungsformen kann/können eine oder mehrere Baumtraversierungseinheit(en) (TTUs; tree traversal units) zur Ausführung einer oder mehrerer Operationen mit Bezug zu Raytracing verwendet werden.

[0099] Der/die Beschleuniger 614 (z.B. der Hardware-Beschleunigercluster) haben ein breites Anwendungsspektrum für autonomes Fahren. Der PVA kann ein programmierbarer Sichtbeschleuniger sein, der für wichtige Verarbeitungsstufen in ADAS und autonomen Fahrzeugen verwendet werden kann. Die Fähigkeiten des PVA eignen sich gut für algorithmische Domänen, die eine vorhersagbare Verarbeitung bei niedriger Leistung und niedriger Latenz erfordern. Mit anderen Worten arbeitet der PVA gut bei semidichten oder dichten regelmäßigen Berechnungen, selbst bei kleinen Datensätzen, die vorhersagbare Laufzeiten mit geringer Latenz und niedriger Leistung benötigen. Folglich sind im Kontext von Plattformen für autonome Fahrzeuge die PVAs dazu ausgelegt, klassische Computer-Vision-Algorithmen auszuführen können, da sie bei Objekterfassung effizient sind und mit Ganzzahlenmathematik arbeiten.

[0100] Zum Beispiel wird in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der Technologie der PVA zur Durchführung von Computer-Stereosehen verwendet. In einigen Beispielen kann ein Algorithmus auf der Grundlage eines semi-globalen Abgleichs verwendet werden, obwohl dies nicht beschränkend sein soll. Viele Anwendungen für autonomes Fahren der Level 3-5 erfordern eine Bewegungsschätzung/einen Stereoabgleich im Vorübergehen bzw. on-the-fly (z.B. Struktur aus Bewegung, Fußgängererkennung, Fahrspurerfassung usw.). Der PVA kann eine Computer-Stereosehfunktion auf Inputs von zwei monokularen Kameras durchführen.

[0101] In einigen Beispielen kann der PVA dazu verwendet werden, einen dichten optischen Fluss durchzuführen. Entsprechend der Verarbeitung von RADAR-Rohdaten (z.B. unter Verwendung einer

4D-Fast-Fourier-Transformation), um verarbeitete RADAR bereitzustellen. In anderen Beispielen wird der PVA für die Tiefenverarbeitung zur Laufzeit verwendet, indem z.B. Laufzeit-Rohdaten verarbeitet werden, um verarbeitete Laufzeitdaten bereitzustellen.

[0102] Der DLA kann für den Betrieb jeder beliebigen Art von Netzwerk verwendet werden, um die Kontrolle und die Fahrsicherheit zu verbessern, einschließlich beispielsweise eines neuronalen Netzwerks, das für jede Objekterfassung ein Vertrauensmaß ausgibt. Ein solcher Vertrauenswert kann als eine Wahrscheinlichkeit interpretiert werden oder als Bereitstellung einer relativen „Gewichtung“ jeder Erfassung im Vergleich zu anderen Erfassungen. Dieser Vertrauenswert ermöglicht es dem System, weitere Entscheidungen darüber zu treffen, welche Erfassungen als echte positive Erfassungen und nicht als falsch positive Erfassungen anzusehen sind. Beispielsweise kann das System einen Schwellenwert für das Vertrauen festlegen und nur diejenigen Erfassungen, die den Schwellenwert überschreiten, als echte positive Erfassungen betrachten. In einem automatischen Notbrems- bzw. Automatic Emergency Braking (AEB)-System würden falsch-positive Erkennungen das Fahrzeug dazu veranlassen, automatisch eine Notbremsung durchzuführen, welches offensichtlich unerwünscht ist. Daher sollten nur die zuverlässigsten Erfassungen als Auslöser für AEB in Betracht gezogen werden. Der DLA kann ein neuronales Netzwerk zur Regression des Vertrauenswerts betreiben. Das neuronale Netzwerk kann als seinen Input zumindest eine Teilmenge von Parametern verwenden, wie z.B. die Begrenzungskastenmaße, die (z.B. von einem anderen Teilsystem) erhaltene Grundebenschätzung, die Ausgabe des Sensors 666 der Trägheitsmesseinheit (IMU), die mit der Orientierung des Fahrzeugs 600 korreliert, die Entfernung, die 3D-Positionsschätzungen des Objekts, die aus dem neuronalen Netzwerk und/oder anderen Sensoren (z.B. LIDAR-Sensor(en) 664 oder RADAR-Sensor(en) 660) erhalten wurden, und andere.

[0103] Das/die SoC(s) 604 kann/können einen oder mehrere Datenspeicher 616 (z.B. Speicher) beinhalten. Der/die Datenspeicher 616 können On-Chip-Speicher des/der SoC(s) 604 sein, der neuronale Netze speichern kann, die auf der GPU und/oder dem DLA auszuführen sind. In einigen Beispielen kann/können der/die Datenspeicher 616 groß genug sein, um mehrere Instanzen von neuronalen Netzwerken für Redundanz und Sicherheit zu speichern. Der/die Datenspeicher 612 kann/können L2- oder L3-Cache(s) 612 umfassen. Eine Bezugnahme auf den/die Datenspeicher 616 kann eine Bezugnahme auf den Speicher beinhalten, der dem PVA, DLA und/oder anderen Beschleunigern 614, wie hierin beschrieben, zugeordnet ist.

[0104] Das/die SoC(s) 604 können einen oder mehrere Prozessor(en) 610 (z.B. eingebettete Prozessoren) beinhalten. Der/die Prozessor(en) 610 kann/können einen Boot- und Leistungsverwaltungs-Prozessor, der ein dedizierter Prozessor sein kann, und ein Subsystem zur Handhabung von Boot-Leistung und Verwaltungsfunktionen sowie damit verwandter Sicherheitsdurchsetzung beinhalten. Der Boot- und Leistungsmanagement-Prozessor kann ein Teil der Boot-Sequenz des/der SoC(s) 604 sein und zur Laufzeit Leistungsverwaltungsdienste bereitstellen. Der Boot- und Leistungsverwaltungsprozessor kann Takt- und Spannungsprogrammierung, Unterstützung bei Übergängen des Systems zu Energiesparzuständen, eine Verwaltung der Thermik und der Temperatursensoren des/der SoC(s) 604 und/oder eine Verwaltung der Leistungszustände des/der SoC(s) 604 bereitstellen. Jeder Temperatursensor kann als ein Ringoszillator implementiert sein, dessen Ausgangsfrequenz proportional zur Temperatur ist, und das/die SoC(s) 604 kann/können die Ringoszillatoren dazu verwenden, Temperaturen der CPU(s) 606, der GPU(s) 608 und/oder des/der Beschleuniger(s) 614 zu erfassen. Falls festgestellt wird, dass Temperaturen einen Schwellenwert überschreiten, kann der Boot- und Leistungsverwaltungsprozessor in eine Temperaturfehleroutine eintreten und das/die SoC(s) 604 in einen Niedrigleistungszustand versetzen und/oder das Fahrzeug 600 in einen Chauffeur-zu-sicherem-Halt-Modus versetzen (z.B. das Fahrzeug 600 zu einem sicheren Halt bringen).

[0105] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können ferner eine Reihe von eingebetteten Prozessoren beinhalten, die als eine Audioverarbeitungs-Engine dienen können. Die Audioverarbeitungs-Engine kann ein Audio-Subsystem sein, das volle Hardware-Unterstützung für Mehrkanal-Audio über mehrere Schnittstellen und eine breite und flexible Palette von Audio-E/A-Schnittstellen bereitstellt. In einigen Beispielen ist die Audioverarbeitungs-Engine ein dedizierter Prozessorkern mit einem digitalen Signalprozessor mit dediziertem RAM.

[0106] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können ferner eine ständig eingeschaltete Prozessor-Engine beinhalten, die notwendige Hardwaremerkmale zur Unterstützung von der Verwaltung von Sensoren mit niedrigem Stromverbrauch und Aufwachfällen bereitstellen kann. Die ständig eingeschaltete bzw. Always-on-Prozessor-Engine kann einen Prozessorkern, ein eng gekoppeltes RAM, unterstützende Peripherievorrichtungen (z.B. Zeitgeber und eine oder mehrere Unterbrechungssteuereinrichtung(en)), verschiedene E/A-Steuereinrichtungs-Peripherievorrichtungen und Routing-Logik beinhalten.

[0107] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können ferner eine Sicherheitscluster-Engine beinhalten, die ein dediziertes Prozessor-Subsystem zur Handha-

bung des Sicherheitsmanagements für Automobilanwendungen beinhaltet. Die Sicherheitscluster-Engine kann zwei oder mehr Prozessorkerne, ein eng gekoppeltes RAM, unterstützende Peripherievorrichtungen (z.B. Zeitgeber, eine oder mehrere Unterbrechungssteuer-einrichtung(en) usw.) und/oder Routing-Logik beinhalten. In einem Sicherheitsmodus können die zwei oder mehr Kerne in einem Schrittverriegelungs- bzw. Lockstep-Modus arbeiten und als ein einziger Kern mit Vergleichslogik zur Erfassung von Unterschieden zwischen ihren Operationen funktionieren.

[0108] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können ferner hinaus eine Echtzeit-Kamera-Engine beinhalten, die ein dediziertes Prozessor-Subsystem zur Handhabung der Echtzeit-Kameraverwaltung umfassen kann.

[0109] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können ferner einen Signalprozessor mit hohem Dynamikbereich beinhalten, der einen Bildsignalprozessor beinhalten kann, welcher eine Hardware-Engine ist, die Teil der Kamera-Verarbeitungspipeline ist.

[0110] Der/die Prozessor(en) 610 kann/können einen Videobildkompositor beinhalten, der ein Verarbeitungsblock (z.B. auf einem Mikroprozessor implementiert) sein kann, der Videonachbearbeitungsfunktionen implementiert, die von einer Videowiedergabeanwendung benötigt werden, um das endgültige Bild für das Wiedergabefenster zu produzieren. Der Videobildkompositor kann eine Objektivverzerrungskorrektur bei der/den Weitwinkelkamera(s) 670, der/den Rundumsicht-Kamera(s) 674 und/oder bei Sensoren von Überwachungskameras in der Kabine durchführen. Der Sensor der Überwachungskamera in der Kabine wird vorzugsweise durch ein neuronales Netzwerk überwacht, das auf einer anderen Instanz des erweiterten SoC läuft und dazu konfiguriert ist, Ereignisse in der Kabine zu identifizieren und entsprechend zu reagieren. Ein kabineninternes System kann ein Lippenlesen durchführen, um einen Mobilfunkdienst zu aktivieren und einen Telefonanruf zu tätigen, E-Mails zu diktieren, den Zielort des Fahrzeugs zu ändern, das Infotainmentsystem und die Einstellungen des Fahrzeugs zu aktivieren oder zu ändern oder sprachaktiviertes Websurfen zu ermöglichen. Bestimmte Funktionen stehen dem Fahrer nur zur Verfügung, wenn das Fahrzeug in einem autonomen Modus betrieben wird, und sind andernfalls deaktiviert.

[0111] Der Videobildkompositor kann eine verbesserte zeitliche Rauschreduzierung sowohl für die räumliche als auch für die zeitliche Rauschreduzierung beinhalten. Wenn beispielsweise Bewegung in einem Video auftritt, gewichtet die Rauschreduzierung räumliche Informationen in geeigneter Weise und verringert dadurch das Gewicht von von benach-

barten Frames bereitgestellten Informationen. Wenn ein Bild oder Teil eines Bilds keine Bewegung enthält, kann die von dem Videobildkompositor durchgeführte zeitliche Rauschreduzierung Informationen aus dem vorherigen Bild dazu verwenden, das Rauschen in dem aktuellen Bild zu reduzieren.

[0112] Der Videobildkompositor kann auch dazu konfiguriert sein, eine Stereogleichrichtung auf den Eingangs-Stereolinsen-Frames durchzuführen. Der Videobildkompositor kann ferner für eine Benutzeroberflächenkomposition verwendet werden, wenn der Betriebssystem-Desktop in Verwendung ist und die GPU(s) 608 nicht erforderlich ist/sind, um kontinuierlich neue Oberflächen zu rendern. Selbst wenn die GPU(s) 608 eingeschaltet ist/sind und aktiv ein 3D-Rendering durchführt/durchführen, kann der Videobildkompositor zur Entlastung der GPU(s) 608 verwendet werden, um die Leistung und das Ansprechvermögen zu verbessern.

[0113] Das/die SoC(s) 604 kann/können ferner eine serielle MIPI (Mobile Industry Processor Interface)-Schnittstellen-Kameraschnittstelle zum Empfang von Video und Input von Kameras, eine Hochgeschwindigkeitsschnittstelle und/oder einen Videoeingangsblock beinhalten, der für Kamera- und verwandte Pixeleingabefunktionen verwendet werden kann. Das/die SoC(s) 604 kann/können ferner einen oder mehrere Ein-/Ausgabe-Steuereinrichtung(en) beinhalten, die durch Software gesteuert werden kann/können und zum Empfang von E/A-Signalen, die nicht für eine bestimmte Rolle vorgesehen sind, verwendet werden kann/können.

[0114] Das/die SoC(s) 604 können ferner hinaus eine breite Palette von Peripherieschnittstellen beinhalten, um die Kommunikation mit Peripherievorrichtungen, Audio-Codecs, der Energieverwaltung und/oder anderen Vorrichtungen zu ermöglichen. Das/die SoC(s) 604 kann/können zur Verarbeitung von Daten von Kameras (z.B. verbunden über Gigabit Multimedia Serial Link und Ethernet), Sensoren (z.B. LIDAR-Sensor(en) 664, RADAR-Sensor(en) 660, usw.), die über Ethernet verbunden sein können, Daten von dem Bus 602 (z.B. Fahrzeuggeschwindigkeit 600, Lenkradposition, usw.), Daten von einem oder mehreren GNSS-Sensor(en) 658 (z.B. verbunden über Ethernet oder CAN-Bus) verwendet werden. Das/die SoC(s) 604 kann/können ferner eine oder mehrere dedizierte Hochleistungs-Massenspeicher-Steuereinrichtung(en) beinhalten, die ihre eigenen DMA-Engines beinhalten können und die dazu verwendet werden können, die CPU (s) 606 von Routineaufgaben der Datenverwaltung zu befreien.

[0115] Das/die SoC(s) 604 kann/können eine Ende-zu-Ende-Plattform mit einer flexiblen Architektur sein, die die Automatisierungslevel 3-5 über-

spannt und damit eine umfassende funktionale Sicherheitsarchitektur bereitstellt, die Computer Vision und ADAS-Techniken für Diversität und Redundanz nutzt und effizient einsetzt, und eine Plattform für einen flexiblen, zuverlässigen Fahrsoftware-Stack zusammen mit Deep Learning-Werkzeugen bereitstellt. Das/die SoC(s) 604 können schneller, zuverlässiger und sogar energie- und raumsparender sein als konventionelle Systeme. Beispielsweise kann der/die Beschleuniger 614 in Kombination mit der/den CPU(s) 606, der/den GPU(s) 608 und dem/den Datenspeicher(n) 616 eine schnelle, effiziente Plattform für autonome Fahrzeuge der Level 3-5 bereitstellen.

[0116] Die Technologie stellt somit Fähigkeiten und Funktionen bereit, die von konventionellen Systemen nicht erreicht werden können. Beispielsweise können Computer Vision-Algorithmen auf CPUs ausgeführt werden, welche unter Verwendung einer höheren Programmiersprache wie beispielsweise der Programmiersprache C dazu konfiguriert sein können, eine Vielzahl von Verarbeitungsalgorithmen für eine breite Vielzahl von Bilddaten auszuführen. CPUs sind jedoch häufig nicht in der Lage, die Leistungsanforderungen vieler Computer-Vision-Anwendungen zu erfüllen, wie beispielsweise diejenigen mit Bezug zu Ausführungszeit und Stromverbrauch. Insbesondere sind viele CPUs nicht in der Lage, komplexe Objekterfassungsalgorithmen in Echtzeit auszuführen, welches eine Anforderung von fahrzeuginternen ADAS-Anwendungen und eine Anforderung für praktische autonome Fahrzeuge der Level 3-5 ist.

[0117] Im Gegensatz zu konventionellen Systemen erlaubt die hierin beschriebene Technologie durch die Bereitstellung eines CPU-Komplexes, eines GPU-Komplexes und eines Hardware-Beschleunigungsclusters, mehrere neuronale Netze gleichzeitig und/oder sequenziell auszuführen, sowie die Kombination der Ergebnisse, um eine autonome Fahrfunktionalität der Level 3-5 zu ermöglichen. Zum Beispiel kann ein CNN, das auf dem DLA oder der dGPU (z.B. den GPU(s) 1120) ausgeführt wird, eine Text- und Worterkennung beinhalten, die es dem Supercomputer erlaubt, Verkehrszeichen zu lesen und zu verstehen, einschließlich der Zeichen, für welche das neuronale Netzwerk nicht speziell trainiert worden ist. Der DLA kann ferner ein neuronales Netzwerk beinhalten, das in der Lage ist, das Zeichen zu identifizieren, zu interpretieren und ein semantisches Verständnis des Zeichens zu liefern und dieses semantische Verständnis an die auf dem CPU-Komplex laufenden Wegplanungsmodule weiterzugeben.

[0118] Als weiteres Beispiel können mehrere neuronale Netze gleichzeitig betrieben werden, wie es für das Fahren auf Level 3, 4 oder 5 erforderlich ist. Beispielsweise kann ein Warnschild mit der Aufschrift „Vorsicht: Blinklichter zeigen eisige Bedingungen

an“ zusammen mit einem elektrischen Licht von mehreren neuronalen Netzwerken unabhängig oder gemeinsam interpretiert werden. Das Schild selbst kann von einem ersten eingesetzten neuronalen Netzwerk (z.B. einem trainierten neuronalen Netzwerk) als ein Verkehrszeichen identifiziert werden, der Text „Blinklichter zeigen eisige Bedingungen an“ kann von einem zweiten eingesetzten neuronalen Netzwerk interpretiert werden, welches die Wegplanungssoftware des Fahrzeugs (die vorzugsweise auf dem CPU-Komplex ausgeführt wird) darüber informiert, dass dann, wenn blinkende Lichter erfasst werden, eisige Bedingungen vorliegen. Das blinkende Licht kann durch Betreiben eines dritten eingesetzten neuronalen Netzwerks über mehrere Frames hinweg identifiziert werden, das die Wegplanungssoftware des Fahrzeugs über das Vorhandensein (oder Fehlen) von blinkenden Lichtern informiert. Alle drei neuronalen Netzwerke können gleichzeitig laufen, z.B. innerhalb des DLA und/oder auf der/den GPU(s) 608.

[0119] In einigen Beispielen kann ein CNN zur Gesichtserkennung und Identifizierung des Fahrzeugbesitzers Daten von Kamerasensoren nutzen, um die Anwesenheit eines autorisierten Fahrers und/oder Besitzers des Fahrzeugs 600 zu identifizieren. Die immer aktive Sensorverarbeitungs-Engine kann dazu verwendet werden, das Fahrzeug zu entriegeln, wenn sich der Besitzer der Fahrertür nähert, und die Beleuchtung einzuschalten, und um, im Sicherheitsmodus, das Fahrzeug zu deaktivieren, wenn der Besitzer das Fahrzeug verlässt. Auf diese Weise sorgen das/die SoC(s) 604 für Sicherheit gegen Diebstahl und/oder Autodiebstahl.

[0120] In einem anderen Beispiel kann ein CNN für die Erkennung und Identifizierung von Notfallfahrzeugen die Daten von Mikrofonen 696 zur Erkennung und Identifizierung von Sirenen von Notfallfahrzeugen verwenden. Im Gegensatz zu konventionellen Systemen, die allgemeine Klassifikatoren zur Erfassung von Sirenen und zur manuellen Extraktion von Merkmalen verwenden, verwendet/verwenden das/die SoC(s) 604 das CNN zur Klassifizierung von Umwelt- und Stadtgeräuschen sowie zur Klassifizierung von visuellen Daten. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das CNN, das auf dem DLA läuft, darauf trainiert, die relative Schließgeschwindigkeit des Einsatzfahrzeugs (z.B. durch Nutzung des Doppler-Effekts) zu identifizieren. Das CNN kann darüber hinaus darauf trainiert sein, Notfallfahrzeuge zu identifizieren, die spezifisch für den lokalen Bereich sind, in welchem das Fahrzeug operiert, wie durch einen oder mehrere GNSS-Sensor(en) 658 identifiziert. Folglich wird zum Beispiel dann, wenn es in Europa arbeitet, das CNN versuchen, europäische Sirenen zu erkennen, und wenn es sich in den Vereinigten Staaten befindet, versuchen, nur nordamerikanische Sirenen zu identifizieren. Sobald ein

Notfallfahrzeug erfasst ist, kann ein Steuerprogramm dazu verwendet werden, mit Unterstützung der Ultraschallsensoren 662 eine Notfallfahrzeug-Sicherheitsroutine auszuführen, das Fahrzeug abzubremsen, zum Straßenrand hin zu lenken, das Fahrzeug zu parken und/oder in den Leerlauf zu versetzen, bis das/die Notfallfahrzeug(e) vorbeifahren.

[0121] Das Fahrzeug kann eine oder mehrere CPU(s) 618 (z.B. diskrete CPU(s) oder dCPU(s)) beinhalten, die über eine Hochgeschwindigkeitsverbindung (z.B. PCIe) mit dem/den SoC(s) 604 gekoppelt sein können. Die CPU(s) 618 kann/können z.B. einen X86-Prozessor beinhalten. Die CPU(s) 618 kann/können zur Durchführung einer Vielzahl von Funktionen verwendet werden, einschließlich einer Arbitrierung potenziell inkonsistenter Ergebnisse zwischen ADAS-Sensoren und dem/den SoC(s) 604 und/oder einer Überwachung des Status und des Zustands beispielsweise des/der Steuereinrichtungen) 636 und/oder des Infotainment-SoC 630.

[0122] Das Fahrzeug 600 kann eine oder mehrere GPU(s) 620 beinhalten (z.B. diskrete GPU(s) oder dGPU(s)), die über eine Hochgeschwindigkeitsverbindung (z.B. NVIDIAs NVLINK) mit dem/den SoC(s) 604 gekoppelt sein kann/können. Die GPU(s) 620 kann/können zusätzliche Funktionen der künstlichen Intelligenz bereitstellen, z.B. durch Ausführung redundanter und/oder unterschiedlicher neuronaler Netzwerke, und kann/können zum Trainieren und/oder Aktualisieren neuronaler Netzwerke auf der Grundlage eines Input (z.B. Sensordaten) von Sensoren des Fahrzeugs 600 verwendet werden.

[0123] Das Fahrzeug 600 kann ferner die Netzwerkschnittstelle 624 beinhalten, welche eine oder mehrere drahtlose Antennen 626 (z.B. eine oder mehrere drahtlose Antennen für verschiedene Kommunikationsprotokolle, wie z.B. eine Mobilfunkantenne, eine Bluetooth-Antenne usw.) beinhalten kann. Die Netzwerkschnittstelle 624 kann dazu verwendet werden, eine drahtlose Konnektivität über das Internet mit der Cloud (z.B. mit dem/den Server(n) 678 und/oder anderen Netzwerkvorrichtungen), mit anderen Fahrzeugen und/oder mit Rechenvorrichtungen (z.B. Client-Vorrichtungen von Passagieren) zu ermöglichen. Um mit anderen Fahrzeugen zu kommunizieren, kann eine direkte Verbindung zwischen den beiden Fahrzeugen hergestellt werden, und/oder kann eine indirekte Verbindung (z.B. über Netzwerke hinweg und über das Internet) hergestellt werden. Direkte Verbindungen können über eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsverbindung hergestellt werden. Die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsverbindung kann dem Fahrzeug 600 Informationen über Fahrzeuge in der Nähe des Fahrzeugs 600 liefern (z.B. Fahrzeuge vor, seitlich und/oder hinter dem Fahrzeug 600). Diese Funktionalität

kann Teil einer kooperativen adaptiven Geschwindigkeitsregelungsfunktion des Fahrzeugs 600 sein.

[0124] Die Netzwerkschnittstelle 624 kann ein SoC beinhalten, das Modulations- und Demodulationsfunktionalität bereitstellt und es dem/den Steuereinheit(en) 636 ermöglicht, über drahtlose Netzwerke zu kommunizieren. Die Netzwerkschnittstelle 624 kann ein Funkfrequenz-Front-End zur Aufwärtskonvertierung von Basisband zu Funkfrequenz und die Abwärtskonvertierung von Funkfrequenz zu Basisband beinhalten. Die Frequenzkonvertierungen können durch gut bekannte Verfahren durchgeführt werden, und/oder können unter Verwendung von Super-Heterodyne-Prozessen durchgeführt werden. In einigen Beispielen kann die Funkfrequenz-Front-End-Funktionalität durch einen separaten Chip bereitgestellt sein. Die Netzwerkschnittstelle kann drahtlose Funktionalität für die Kommunikation über LTE, WCDMA, UMTS, GSM, CDMA2000, Bluetooth, Bluetooth LE, Wi-Fi, Z-Wave, ZigBee, LoRaWAN und/oder andere drahtlose Protokolle beinhalten.

[0125] Das Fahrzeug 600 kann darüber hinaus Datenspeicher 628 beinhalten, die auch Off-Chip-Speicher (z.B. außerhalb der SoC(s) 604) beinhalten können. Der (die) Datenspeicher 628 kann (können) ein oder mehrere Speicherelemente einschließlich RAM, SRAM, DRAM, VRAM, Flash, Festplatten und/oder andere Komponenten und/oder Geräte beinhalten, die zumindest ein Datenbit speichern können.

[0126] Das Fahrzeug 102 kann ferner einen oder mehrere GNSS-Sensor(en) 658 beinhalten. Der/die GNSS-Sensor(en) 658 (z.B. GPS, assistierte GPS-Sensoren, differenzielle GPS (DGPS)-Sensoren usw.), zur Unterstützung von Kartierungs-, Wahrnehmungs-, Belegungsrastrerzeugung- und/oder Wegplanungsfunktionen. Es kann eine beliebige Anzahl von GNSS-Sensor(en) 658 verwendet werden, einschließlich, zum Beispiel und ohne Beschränkung, eines GPS, das einen USB-Anschluss mit einer Ethernet-zu-Seriell (RS-232)-Brücke verwendet.

[0127] Das Fahrzeug 600 kann ferner einen oder mehrere RADAR-Sensor(en) 660 beinhalten. Der/die RADAR-Sensor(en) 660 kann/können von dem Fahrzeug 600 zur Fernbereich-Fahrzeuergreifung, selbst bei Dunkelheit und/oder schlechten Wetterbedingungen, verwendet werden. Die funktionalen Sicherheitsstufen von RADAR können ASIL B sein. Der/die RADAR-Sensor(en) 660 kann/können das CAN und/oder den Bus 602 (z.B. zur Übertragung von Daten, die von dem/von den RADAR-Sensor(en) 660 erzeugt wurden) zur Steuerung und zum Zugriff auf Objektverfolgungsdaten verwenden, in einigen Beispielen mit Zugriff auf Ethernet, um auf Rohdaten zuzugreifen. Es kann eine breite Vielzahl

von RADAR-Sensortypen verwendet werden. Der/die RADAR-Sensor(en) 660 kann/können z.B. und ohne Beschränkung für die frontseitige, die heckseitige und die seitliche RADAR-Nutzung geeignet sein. In einigen Beispielen werden ein oder mehrere Puls-Doppler-RADAR-Sensor(en) verwendet.

[0128] Der/die RADAR-Sensor(en) 660 kann/können verschiedene Konfigurationen beinhalten, wie z.B. große Reichweite mit engem Sichtfeld, kurze Reichweite mit breitem Sichtfeld, kurze Reichweite mit seitlicher Abdeckung usw. In einigen Beispielen kann das Fernbereich-RADAR bzw. Radar mit großer Reichweite für Funktionalität der adaptiven Geschwindigkeitsregelung verwendet werden. Die RADAR-Systeme mit großer Reichweite können ein breites Sichtfeld bereitstellen, das durch zwei oder mehr unabhängige Abtastungen, wie beispielsweise innerhalb einer Reichweite von 250 m, realisiert wird. Der/die RADAR-Sensor(en) 660 kann/können bei der Unterscheidung zwischen statischen und sich bewegendem Objekten helfen und kann/können von ADAS-Systemen für Notbremsunterstützung und Vorkollisionswarnung verwendet werden. Fernbereich-RADAR-Sensoren können monostatisches multimodales RADAR mit mehreren (z.B. sechs oder mehr) festen RADAR-Antennen und einer Hochgeschwindigkeits-CAN- und FlexRay-Schnittstelle beinhalten. In einem Beispiel mit sechs Antennen können die zentralen vier Antennen ein fokussiertes Strahlenmuster erzeugen, das dazu ausgelegt ist, die Umgebung des Fahrzeugs 600 bei höheren Geschwindigkeiten mit minimaler Interferenz durch Verkehr auf benachbarten Fahrspuren aufzuzeichnen. Die anderen beiden Antennen können das Sichtfeld erweitern und es so möglich machen, Fahrzeuge, die in die Fahrspur des Fahrzeugs 600 einfahren oder diese verlassen, schnell erfasst werden können.

[0129] RADAR-Systeme mit mittlerer Reichweite können beispielsweise eine Reichweite von bis zu 660 m (vorne) oder 80 m (hinten) und ein Sichtfeld von bis zu 42 Grad (vorne) oder 650 Grad (hinten) aufweisen. Zu den RADAR-Systemen mit geringer Reichweite können unter anderem RADAR-Sensoren gehören, die an beiden Enden des hinteren Stoßfängers angebracht werden können. Wenn ein solches RADAR-Sensorsystem an beiden Enden des hinteren Stoßfängers angebracht ist, kann es zwei Strahlen erzeugen, die den toten Winkel hinter und neben dem Fahrzeug ständig überwachen.

[0130] RADAR-Systeme mit geringer Reichweite können in einem ADAS-System zur Erkennung des toten Winkels und/oder als Spurwechselassistent eingesetzt werden.

[0131] Das Fahrzeug 600 kann außerdem Ultraschallsensor(en) 662 beinhalten. Der/die Ultraschall-

sensor(en) 662, der/die vorne, hinten und/oder an den Seiten des Fahrzeugs 600 angebracht sein kann/können, kann/können zur Einparkhilfe und/oder zur Erstellung und Aktualisierung eines Belegungsrasters verwendet werden. Es kann eine Vielzahl von Ultraschallsensoren 662 verwendet werden, und unterschiedliche Ultraschallsensoren 662 können für unterschiedliche Erfassungsbereiche (z.B. 2,5 m, 4 m) eingesetzt werden. Der/die Ultraschallsensor(en) 662 kann/können bei funktionalen Sicherheitsstufen von ASIL B arbeiten.

[0132] Das Fahrzeug 600 kann LIDAR-Sensor(en) 664 beinhalten. Der/die LIDAR-Sensor(en) 664 kann/können für Objekt- und Fußgängererkennung, Notbremsung, Kollisionsvermeidung und/oder andere Funktionen verwendet werden. Der/die LIDAR-Sensor(en) 664 kann/können der funktionalen Sicherheitsstufe ASIL B entsprechen. In einigen Beispielen kann das Fahrzeug 600 mehrere LIDAR-Sensoren 664 (z.B. zwei, vier, sechs usw.) enthalten, die Ethernet verwenden können (z.B. zur Bereitstellung von Daten an einen Gigabit-Ethernet-Switch).

[0133] In einigen Beispielen kann/können der/die LIDAR-Sensor(en) 664 in der Lage sein, eine Liste von Objekten und deren Entfernungen für ein 360-Grad-Sichtfeld bereitzustellen. (Ein) kommerziell erhältliche(r) LIDAR-Sensor(en) 664 kann/können eine versprochene Reichweite von näherungsweise 600 m mit einer Genauigkeit von 2cm-3cm haben und unterstützt/unterstützen z.B. eine 600 Mbps-Ethernet-Verbindung. In einigen Beispielen können ein oder mehrere nicht hervorstehende LIDAR-Sensoren 664 verwendet werden. In solchen Beispielen kann/können der/die LIDAR-Sensor(en) 664 als eine kleine Vorrichtung implementiert sein, das in die Front, das Heck, die Seiten und/oder die Ecken des Fahrzeugs 600 eingebettet sein kann. Der/die LIDAR-Sensor(en) 664 kann/können in solchen Beispielen ein Sichtfeld von bis zu 120 Grad horizontal und von bis zu 35 Grad vertikal bereitstellen, mit einer Reichweite von 200m selbst für schwach reflektierende Objekte. (Ein) frontmontierte (r) LIDAR-Sensor(en) 664 kann/können für ein horizontales Sichtfeld zwischen 45 Grad und 135 Grad konfiguriert sein.

[0134] In einigen Beispielen können auch LIDAR-Technologien, wie z.B. 3D-Flash-LIDAR, eingesetzt werden. 3D-Flash-LIDAR verwendet einen Laserblitz als eine Übertragungsquelle, um die Fahrzeugumgebung bis zu einer Entfernung von näherungsweise 200 m auszuleuchten. Eine Flash-LIDAR-Einheit beinhaltet einen Rezeptor, der die Laufzeit des Laserpulses und das reflektierte Licht auf jedem Pixel aufzeichnet, welches wiederum der Reichweite von dem Fahrzeug zu den Objekten entspricht. Flash-LIDAR kann es erlauben, mit jedem Laserblitz hochgenaue und verzerrungsfreie Bilder der Umge-

bung zu erzeugen. In einigen Beispielen können vier Flash-LIDAR-Sensoren eingesetzt werden, einer an jeder Seite des Fahrzeugs 600. Verfügbare 3D-Flash-LIDAR-Systeme beinhalten eine Festkörper-3D-LIDAR-Kamera ohne bewegliche Teile außer einem Lüfter (z.B. eine nicht abtastende LIDAR-Vorrichtung). Das Flash-LIDAR-Gerät kann einen 5-Nanosekunden-Laserpuls der Klasse I (augensicher) pro Frame verwenden und kann das reflektierte Laserlicht in Form von 3D-Entfernungspunktewolken und co-registrierten Intensitätsdaten erfassen. Durch die Verwendung von Flash-LIDAR, und weil Flash-LIDAR eine Festkörpervorrichtung ohne bewegliche Teile ist, kann/können der/die LIDAR-Sensor(en) 664 weniger anfällig für Bewegungsunschärfe, Vibrationen und/oder Stöße sein.

[0135] Das Fahrzeug kann ferner einen oder mehrere IMU-Sensor(en) 666 beinhalten. Der/die IMU-Sensor(en) 666 kann/können sich in einigen Beispielen in der Mitte der Hinterachse des Fahrzeugs 600 befinden. Der/die IMU-Sensor(en) 666 kann/können zum Beispiel und ohne Beschränkung darauf einen oder mehrere Beschleunigungsmesser, einen oder mehrere Magnetometer, ein oder mehrere Gyroskop(e), einen oder mehrere Magnetkompass(e) und/oder andere Sensortypen beinhalten. In einigen Beispielen, wie z.B. bei Sechssachsen-Anwendungen, kann/können der/die IMU-Sensor(en) 666 Beschleunigungsmesser und Gyroskope beinhalten, während bei Neunachsen-Anwendungen der/die IMU-Sensor(en) 666 Beschleunigungsmesser, Gyroskope und Magnetometer umfassen kann/können.

[0136] In einigen Ausführungsformen kann/können der/die IMU-Sensor(en) 666 als ein miniaturisiertes GPS/INS (GPS/INS = GPS-Aided Inertial Navigation System) implementiert sein, das Trägheitssensoren von mikro-elektromechanischen Systemen (MEMS), einen hochempfindlichen GPS-Empfänger und fortschrittliche Kalman-Filteralgorithmen zur Schätzung von Position, Geschwindigkeit und Lage kombiniert. Insoweit kann/können in einigen Beispielen der/die IMU-Sensor(en) 666 das Fahrzeug 600 in die Lage versetzen, einen Kurs abzuschätzen, ohne einen Input von einem magnetischen Sensor zu erfordern, indem die Geschwindigkeitsänderungen vom GPS zu dem/den IMU-Sensor(en) 666 direkt beobachtet und korreliert werden. In einigen Beispielen kann/können der/die IMU-Sensor(en) 666 und der/die GNSS-Sensor(en) 658 in einer einzelnen integrierten Einheit kombiniert sein.

[0137] Das Fahrzeug kann ein oder mehrere Mikrofone 696 enthalten, die im und/oder um das Fahrzeug 600 herum angebracht sind. Das/die Mikrofon(e) 696 kann/können u. a. zur Erkennung und Identifizierung von Einsatzfahrzeugen verwendet werden.

[0138] Das Fahrzeug kann ferner eine beliebige Anzahl von Kameratypen beinhalten, einschließlich Stereokamera(s) 668, Weitwinkelkamera(s) 670, Infrarotkamera(s) 672, Rundumsicht-Kamera(s) 674, Fern- und/oder Mittelbereichkamera(s) 698 und/oder andere Kameratypen. Die Kameras können zur Erfassung von Bilddaten um eine gesamte Peripherie des Fahrzeugs 600 herum verwendet werden. Welche Arten von Kameras verwendet werden, hängt von den Ausführungsformen und Anforderungen für das Fahrzeug 600 ab, und jede beliebige Kombination von Kameratypen kann verwendet werden, um die erforderliche Abdeckung um das Fahrzeug 600 herum bereitzustellen. Darüber hinaus kann die Anzahl der Kameras je nach Ausführungsform unterschiedlich sein. Beispielsweise kann das Fahrzeug sechs Kameras, sieben Kameras, zehn Kameras, zwölf Kameras und/oder eine andere Anzahl von Kameras beinhalten. Die Kameras können zum Beispiel und ohne Beschränkung darauf Gigabit Multimedia Serial Link (GMSL) und/oder Gigabit Ethernet unterstützen. Jede der Kamera(s) ist hierin mit Bezug zu **Fig. 6A** und **Fig. 6B** ausführlicher beschrieben.

[0139] Das Fahrzeug 600 kann außerdem einen oder mehrere Schwingungssensoren 642 enthalten. Der/die Schwingungssensor(en) 642 kann/können Schwingungen von Komponenten des Fahrzeugs, wie z.B. der Achse(n), messen. So können beispielsweise Änderungen der Vibrationen auf eine Änderung der Straßenoberfläche hinweisen. In einem anderen Beispiel können bei Verwendung von zwei oder mehr Schwingungssensoren 642 die Unterschiede zwischen den Schwingungen zur Bestimmung der Reibung oder des Schlupfes der Fahrbahnoberfläche verwendet werden (z.B. wenn der Unterschied in den Schwingungen zwischen einer angetriebenen Achse und einer frei drehenden Achse besteht).

[0140] Das Fahrzeug 600 kann ein ADAS-System 638 beinhalten. Das ADAS-System 638 kann in einigen Beispielen ein SoC beinhalten. Das ADAS-System 638 kann eine autonome/adaptive/automatische Geschwindigkeitsregelung (Autonomous/ Adaptive/Automatic Cruise Control, ACC), eine kooperative adaptive Geschwindigkeitsregelung (Cooperative Adaptive Cruise Control, CACC), eine Voraufprallwarnung (Forward Crash Warning, FCW), eine automatische Notbremsung (Automatic Emergency Braking, AEB), Spurverlassenswarnungen (Lane Departure Warnings, LDW), Fahrspurhalteunterstützung (Lane Keep Assist, LKA), Totwinkelwarnung (Blind Spot Warning, BSW), Warnung vor rückwärtigem Querverkehr (Rear Cross-Traffic Warning, RCTW), Kollisionswarnsysteme (Collision Warning Systems, CWS), Fahrspurzentrierung (Lane Centering, LC) und/oder andere Merkmale und Funktionalität beinhalten.

[0141] Die ACC-Systeme können einen oder mehrere RADAR-Sensor(en) 660, einen oder mehrere LIDAR-Sensor(en) 664 und/oder eine oder mehrere Kamera(s) verwenden. Die ACC-Systeme können eine Längs-ACC und/oder eine Quer-ACC beinhalten. Die Längs-ACC überwacht und steuert den Abstand zu dem Fahrzeug unmittelbar vor dem Fahrzeug 600 und passt die Fahrzeuggeschwindigkeit automatisch an, um einen sicheren Abstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen einzuhalten. Die Quer-ACC sorgt für die Einhaltung des Abstands und weist das Fahrzeug 600 an, bei Bedarf die Spur zu wechseln. Die Quer-ACC steht im Zusammenhang mit anderen ADAS-Anwendungen wie beispielsweise LCA und CWS.

[0142] CACC verwendet Informationen von anderen Fahrzeugen, die über die Netzwerkschnittstelle 624 und/oder die drahtlose(n) Antenne(n) 626 von anderen Fahrzeugen über eine drahtlose Verbindung oder indirekt über eine Netzwerkverbindung (z.B. über das Internet) empfangen werden können. Direkte Verbindungen können durch eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug (V2V)-Kommunikationsverbindung bereitgestellt werden, während indirekte Verbindungen eine Infrastruktur-zu-Fahrzeug (I2V)-Kommunikationsverbindung sein können. Allgemein stellt das V2V-Kommunikationskonzept Informationen über die unmittelbar vorausfahrenden Fahrzeuge (z.B. Fahrzeuge unmittelbar vor dem und auf derselben Fahrspur wie das Fahrzeug 600) bereit, während das I2V-Kommunikationskonzept Informationen über den Verkehr weiter voraus liefert. CACC-Systeme können eine oder beide der I2V- und V2V-Informationsquellen beinhalten.

[0143] Angesichts der Informationen der Fahrzeuge vor dem Fahrzeug 600 kann CACC zuverlässiger sein und hat das Potenzial, den Verkehrsfluss zu verbessern und Staus auf der Straße zu verringern.

[0144] FCW-Systeme sind dazu konzipiert, den Fahrer auf eine Gefahr aufmerksam machen, so dass der Fahrer korrigierend eingreifen kann. FCW-Systeme verwenden eine nach vorn gerichtete Kamera und/oder einen oder mehrere RADAR-Sensor(en) 660, die mit einem dedizierten Prozessor, DSP, FPGA und/oder ASIC gekoppelt sind, der elektrisch mit einer Rückmeldung an den Fahrer, wie z.B. einer Anzeige, einem Lautsprecher und/oder einer vibrierenden Komponente, gekoppelt ist. FCW-Systeme können eine Warnung bereitstellen, wie beispielsweise in der Form eines Tons, einer visuellen Warnung, einer Vibration und/oder eines schnellen Bremsimpulses.

[0145] AEB-Systeme erfassen eine drohende Vorwärtskollision mit einem anderen Fahrzeug oder einem anderen Objekt und können automatisch die Bremsen betätigen, wenn der Fahrer nicht innerhalb

eines bestimmten Zeit- oder Abstandsparameters korrigierend eingreift. AEB-Systeme können eine oder mehrere nach vorn gerichtete Kamera(s) und/oder RADAR-Sensor(en) 660 verwenden, die mit einem dedizierten Prozessor, DSP, FPGA und/oder ASIC gekoppelt sind. Wenn das AEB-System eine Gefahr erfasst, warnt es in der Regel zuerst den Fahrer, korrigierende Maßnahmen zur Vermeidung des Zusammenstoßes zu ergreifen, und wenn der Fahrer keine korrigierenden Maßnahmen ergreift, kann das AEB-System automatisch die Bremsen betätigen, um die Auswirkungen des vorausgesagten Zusammenstoßes zu verhindern oder zumindest abzuschwächen. AEB-Systeme können Techniken wie beispielsweise dynamische Bremsunterstützung und/oder Abbremsen bei drohendem Zusammenstoß beinhalten.

[0146] LDW-Systeme stellen sichtbare, hörbare und/oder taktile Warnungen, wie z.B. Lenkrad- oder Sitzvibrationen, bereit, um den Fahrer zu warnen, wenn das Fahrzeug 600 Fahrbahnmarkierungen überfährt. Ein LDW-System aktiviert sich nicht, wenn der Fahrer durch Aktivierung eines Abbiegesignals ein beabsichtigtes Verlassen einer Fahrspur anzeigt. LDW-Systeme können nach vorn gerichtete Kameras verwenden, die mit einem dedizierten Prozessor, DSP, FPGA und/oder ASIC gekoppelt sind, der elektrisch mit einer Rückmeldung an den Fahrer, wie z.B. einer Anzeige, einem Lautsprecher und/oder einer Vibrationskomponente, gekoppelt ist.

[0147] LKA-Systeme sind eine Variation von LDW-Systemen. LKA-Systeme stellen einen Lenkinput oder ein Bremsen bereit, um das Fahrzeug 600 zu korrigieren, falls das Fahrzeug 600 beginnt, die Fahrspur zu verlassen.

[0148] BSW-Systeme erfassen und warnen den Fahrer vor Fahrzeugen, die sich im toten Winkel eines Automobils befinden. BSW-Systeme können einen sichtbaren, hörbaren und/oder taktile Alarm ausgeben, um anzuzeigen, dass ein Einscheren oder ein Spurwechsel unsicher ist. Das System kann eine zusätzliche Warnung ausgeben, wenn der Fahrer ein Abbiegesignal benutzt. BSW-Systeme können eine oder mehrere nach hinten gerichtete Kamera(s) und/oder RADAR-Sensor(en) 660 verwenden, die mit einem dedizierten Prozessor, DSP, FPGA und/oder ASIC gekoppelt sind, der elektrisch mit einer Rückmeldung an den Fahrer, wie z.B. einer Anzeige, einem Lautsprecher und/oder einer Vibrationskomponente, gekoppelt ist.

[0149] RCTW-Systeme können eine sichtbare, hörbare und/oder taktile Benachrichtigung bereitstellen, wenn beim Rückwärtsfahren des Fahrzeugs 600 ein Objekt außerhalb des Rückfahrkamerabereichs erfasst wird. Einige RCTW-Systeme beinhalten eine AEB, um sicherzustellen, dass die Fahrzeugbrem-

sen betätigt werden, um einen Aufprall zu vermeiden. RCTW-Systeme können einen oder mehrere nach hinten gerichtete RADAR-Sensor(en) 660 verwenden, der/die mit einem dedizierten Prozessor, DSP, FPGA und/oder ASIC gekoppelt ist/sind, der/die elektrisch mit einer Rückmeldung an den Fahrer, wie z.B. einer Anzeige, einem Lautsprecher und/oder einer Vibrationskomponente, gekoppelt ist/sind.

[0150] Konventionelle ADAS-Systeme können anfällig für falsch-positive Ergebnisse sein, die für einen Fahrer ärgerlich und ablenkend sein können, in der Regel aber nicht katastrophal sind, da die ADAS-Systeme den Fahrer warnen und ihm die Möglichkeit geben, zu entscheiden, ob wirklich eine Sicherheitsbedingung vorliegt, und entsprechend zu handeln. In einem autonomen Fahrzeug 600 muss jedoch das Fahrzeug 600 im Fall widersprüchlicher Ergebnisse selbst entscheiden, ob das Ergebnis von einem Primärcomputer oder einem Sekundärcomputer (z.B. einer ersten Steuereinrichtung 636 oder einer zweiten Steuereinrichtung 636) zu berücksichtigen ist. Zum Beispiel kann in einigen Ausführungsformen das ADAS-System 638 ein Backup- und/oder ein Sekundärcomputer zum Bereitstellen von Wahrnehmungsinformationen an ein Backup-Computer-Rationalitätsmodul sein. Das Backup-Computer-Rationalitätsmodul kann eine redundante diverse Software auf Hardware-Komponenten ausführen, um Fehler in Wahrnehmungen und dynamischen Fahraufgaben zu erkennen. Ausgaben des ADAS-Systems 638 können einer übergeordneten MCU zur Verfügung gestellt werden. Falls Ausgaben des Primärcomputers und des Sekundärcomputers im Widerspruch stehen, muss die übergeordnete MCU bestimmen, wie der Widerspruch beseitigt werden kann, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

[0151] In einigen Beispielen kann der Primärcomputer dazu konfiguriert sein, der übergeordneten MCU einen Vertrauenswert bereitzustellen, der das Vertrauen des Primärcomputers in das gewählte Ergebnis anzeigt. Falls der Vertrauenswert einen Schwellenwert überschreitet, kann die übergeordnete MCU der Anweisung des Primärcomputers folgen, unabhängig davon, ob der Sekundärcomputer ein widersprüchliches oder inkonsistentes Ergebnis liefert. Wenn der Vertrauenswert den Schwellenwert nicht erreicht und wenn der Primär- und der Sekundärcomputer unterschiedliche Ergebnisse anzeigen (z.B. den Widerspruch), kann die übergeordnete MCU zwischen den Computern vermitteln, um das geeignete Ergebnis zu bestimmen.

[0152] Die übergeordnete bzw. überwachende MCU kann dazu konfiguriert sein, ein oder mehrere neuronale(s) Netzwerk(e) bzw. neuronale Netzwerke zu betreiben, das/die so trainiert und konfiguriert ist/sind, dass es/sie auf der Grundlage von Ausgaben

des Primärcomputers und des Sekundärcomputers die Bedingungen bestimmt/bestimmen, unter welchen der Sekundärcomputer Fehlalarme bereitstellt. Folglich kann/können das/die neuronale(n) Netzwerk(e) in der übergeordneten MCU erfahren, wann der Ausgabe des Sekundärcomputers vertraut werden kann und wann nicht. Wenn der Sekundärcomputer beispielsweise ein RADAR-basiertes FCW-System ist, kann/können (ein) neuronale(s) Netzwerk(e) in der übergeordneten MCU erfahren, wenn das FCW-System metallische Objekte identifiziert, die in Wirklichkeit keine Gefahren darstellen, wie z.B. ein Entwässerungsgitter oder eine Schachtabdeckung, die einen Alarm auslösen. In ähnlicher Weise kann dann, wenn der Sekundärcomputer ein kamerabasiertes LDW-System ist, ein neuronales Netzwerk in der übergeordneten MCU lernen, die LDW zu übersteuern, wenn Radfahrer oder Fußgänger vorhanden sind und ein Verlassen der Fahrspur tatsächlich das sicherste Manöver ist. In Ausführungsformen, die ein oder mehrere neuronale(s) Netzwerk(e) beinhalten, die auf der übergeordneten MCU laufen, kann die übergeordnete MCU zumindest einen DLA oder eine GPU beinhalten, der/die für den Betrieb des/der neuronalen Netzwerk(s/e) mit zugehörigem Speicher geeignet ist. In bevorzugten Ausführungsformen kann die übergeordnete MCU eine Komponente des/der SoC(s) 604 umfassen und/oder als eine solche in diesen enthalten sein.

[0153] In anderen Beispielen kann das ADAS-System 638 einen Sekundärcomputer beinhalten, der ADAS-Funktionalität unter Verwendung traditioneller Regeln der Computer Vision ausführt. Als solcher kann der Sekundärcomputer die klassischen Regeln der Computer Vision (if-then) verwenden, und kann das Vorhandensein eines oder mehrerer neuronaler Netzwerke in der übergeordneten MCU die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Leistung verbessern. Zum Beispiel machen die diverse Implementierung und die absichtliche Nicht-Identität das Gesamtsystem fehlertoleranter, speziell gegenüber Fehlern, die durch Funktionalität der Software (oder der Software-Hardware-Schnittstelle) verursacht sind. Falls beispielsweise ein Softwarefehler oder ein Fehler in der auf dem Primärcomputer laufenden Software vorliegt und der nicht identische Softwarecode, der auf dem Sekundärcomputer läuft, dasselbe Gesamtergebnis liefert, kann die übergeordnete MCU größeres Vertrauen haben, dass das Gesamtergebnis korrekt ist, und verursacht der Fehler in der Software oder Hardware auf dem Primärcomputer keinen wesentlichen Fehler.

[0154] In einigen Beispielen kann die Ausgabe des ADAS-Systems 638 in den Wahrnehmungsbereich des Primärcomputers und/oder in den Block dynamischer Fahraufgaben des Primärcomputers eingespeist werden. Falls das ADAS-System 638 beispielsweise eine Vorausunfallwarnung aufgrund

eines sich unmittelbar voraus befindenden Objekts anzeigt, kann der Wahrnehmungsblock diese Information verwenden, wenn Objekte identifiziert werden. In anderen Beispielen kann der Sekundärcomputer sein ein eigenes neuronales Netzwerk haben, das trainiert ist und folglich das Risiko von Falsch-Positiven reduziert, wie hierin beschrieben wurde.

[0155] Das Fahrzeug 600 kann darüber hinaus das Infotainment SoC 630 (z.B. ein fahrzeuginternes Infotainmentsystem (In-Vehicle Infotainment, IVI)) beinhalten. Obwohl das Infotainmentsystem als ein SoC dargestellt und beschrieben wird, braucht das Infotainmentsystem kein SoC zu sein und kann zwei oder mehr diskrete Komponenten beinhalten. Das Infotainment-SoC 630 kann eine Kombination aus Hard- und Software beinhalten, die für die Bereitstellung von Audio (z.B. Musik, einen persönlichen digitalen Assistenten, Navigationsanweisungen, Nachrichten, Radio usw.), Video (z.B. Fernsehen, Filme, Streaming usw.), Telefon (z.B. Freisprecheinrichtung), Netzwerkverbindungen (z.B., LTE, Wi-Fi usw.) und/oder Informationsdiensten (z.B. Navigationssysteme, Rückwärtseinparkunterstützung, ein Radiodatensystem, fahrzeugbezogene Informationen wie beispielsweise Kraftstoffstand, zurückgelegte Gesamtstrecke, Bremsflüssigkeitsstand, Ölstand, Tür offen/geschlossen, Luftfilterinformationen usw.) für das Fahrzeug 102 verwendet werden können. Das Infotainment-SoC 630 kann z.B. Radios, Plattenspieler, Navigationssysteme, Videoabspieler, USB- und Bluetooth-Konnektivität, Carputer, In-Car-Entertainment, Wi-Fi, Lenkrad-Audiobedienelemente, eine Freisprech-Sprachsteuerung, eine Head-Up-Anzeige (HUD), eine HMI-Anzeige 634, eine Telematikvorrichtung, ein Bedienfeld (z.B. zur Steuerung und/oder Interaktion mit verschiedenen Komponenten, Funktionen und/oder Systemen) und/oder andere Komponenten beinhalten. Das Infotainment-SoC 630 kann darüber hinaus dazu verwendet werden, Informationen (z.B. sichtbar und/oder hörbar) für einen oder mehrere Benutzer des Fahrzeugs bereitzustellen, wie beispielsweise Informationen von dem ADAS-System 638, Informationen zum autonomen Fahren, wie beispielsweise geplante Fahrzeugmanöver, Bewegungsbahnen, Informationen zur Umgebung (z.B. Kreuzungsinformationen, Fahrzeuginformationen, Straßeninformationen usw.) und/oder andere Informationen.

[0156] Das Infotainment-SoC 630 kann GPU-Funktionalität beinhalten. Das Infotainment-SoC 630 kann über den Bus 602 (z.B. CAN-Bus, Ethernet usw.) mit anderen Vorrichtungen, Systemen und/oder Komponenten des Fahrzeugs 600 kommunizieren. In einigen Beispielen kann das Infotainment-SoC 630 mit einer übergeordneten MCU gekoppelt sein, so dass die GPU des Infotainmentsystems einige Selbstfahrfunktionen ausführen kann, falls der/die primäre(n) Steuereinrichtung(en) 636 (z.B. die Primär- und/oder

Backup-Computer des Fahrzeugs 600) ausfallen. In einem solchen Beispiel kann das Infotainment-SoC 630 das Fahrzeug 600 in einen Chauffeur-zu-sicherem-Stopp-Modus versetzen, wie hierin beschrieben wurde.

[0157] Das Fahrzeug 600 kann ferner ein Kombiinstrument 632 beinhalten (z.B. ein digitales Armaturenbrett, ein elektronisches Kombiinstrument, eine digitale Instrumententafel usw.). Das Kombiinstrument 632 kann eine Steuereinrichtung und/oder einen Supercomputer (z.B. eine diskrete Steuereinrichtung oder einen diskreten Supercomputer) beinhalten. Das Kombiinstrument 632 kann eine Reihe von Instrumenten wie beispielsweise einen Tachometer, eine Tankanzeige, eine Öldruckanzeige, einen Drehzahlmesser, einen Kilometerzähler, Blinker, eine Schaltpositionsanzeige, eine oder mehrere Gurtwarnleuchte(n), eine oder mehrere Feststellbremswarnleuchte(n), eine oder mehrere Motorstörungsleuchte(n), Airbag (SRS)-Systeminformationen, Beleuchtungssteuerungen, Sicherheitssystemkontrollen, Navigationsinformationen usw. beinhalten. In einigen Beispielen können Informationen angezeigt und/oder zwischen dem Infotainment-SoC 630 und dem Kombiinstrument 632 gemeinsam genutzt werden. Mit anderen Worten kann das Kombiinstrument 632 als Teil des Infotainment-SoC 630 enthalten sein, oder umgekehrt.

[0158] Fig. 6D ist ein Systemdiagramm für die Kommunikation zwischen einem oder mehreren Cloud-basierten Server(n) und dem beispielhaften autonomen Fahrzeug 600 von Fig. 6A, in Übereinstimmung mit einigen Ausführungsformen der Erfindung. Das System 676 kann einen oder mehrere Server 678, ein oder mehrere Netzwerk(e) 690 und Fahrzeuge, einschließlich des Fahrzeugs 600, beinhalten. Der/die Server 678 kann/können eine Vielzahl von GPUs 684(A)-684(H) (hierin kollektiv als GPUs 684 bezeichnet), PCIe-Switches 682(A)-682(H) (hierin kollektiv als PCIe-Switches 682 bezeichnet) und/oder CPUs 680(A)-680(B) (hierin kollektiv als CPUs 680 bezeichnet) umfassen. Die GPUs 684, die CPUs 680 und die PCIe-Switches können mit Hochgeschwindigkeitsverbindungen verbunden sein, wie z.B., und ohne Beschränkung darauf, die von NVIDIA entwickelten NVLink-Schnittstellen 688 und/oder PCIe-Verbindungen 686. In einigen Beispielen sind die GPUs 684 über NVLink und/oder NVSwitch-SoC verbunden, und sind die GPUs 684 und die PCIe-Switches 682 über PCIe-Verbindungen miteinander verbunden. Obwohl acht GPUs 684, zwei CPUs 680 und zwei PCIe-Switches dargestellt sind, soll dies nicht beschränkend sein. Je nach Ausführungsform kann jeder der Server 678 eine beliebige Anzahl von GPUs 684, CPUs 680 und/oder PCIe-Switches beinhalten. Der/die Server 678 können beispielsweise jeweils acht, sechzehn, zweiunddreißig und/oder mehr GPUs 684 beinhalten.

[0159] Der/die Server 678 kann/können über das/die Netzwerk(e) 690 und von den Fahrzeugen Bild-daten empfangen, die für Bilder repräsentativ sind, die unerwartete oder geänderte Straßenbedingungen zeigen, wie z.B. kürzlich begonnene Straßenarbeiten. Der/die Server 678 kann/können über das/die Netzwerk(e) 690 und an die Fahrzeuge neuronale Netzwerke 692, aktualisierte neuronale Netzwerke 692 und/oder Karteninformationen 694, einschließlich Informationen über Verkehrs- und Straßenzustände, übertragen. Die Aktualisierungen der Karteninformationen 694 können Aktualisierungen für die HD-Karte 622 beinhalten, wie beispielsweise Informationen über Baustellen, Schlaglöcher, Umleitungen, Überschwemmungen und/oder andere Hindernisse. In einigen Beispielen können die neuronalen Netzwerke 692, die aktualisierten neuronalen Netzwerke 692 und/oder die Karteninformationen 694 aus neuem Training und/oder Erfahrungen hervorgegangen sein, die in Daten repräsentiert sind, die von einer beliebigen Anzahl von Fahrzeugen in der Umgebung empfangen wurden, und/oder auf Training basieren, die in einem Datenzentrum (z.B. unter Verwendung des/der Server(s) 678 und/oder anderer Server) durchgeführt wurden.

[0160] Der/die Server 678 kann/können dazu verwendet werden, Modelle maschinellen Lernens (z.B. neuronale Netzwerke) auf der Grundlage von Trainingsdaten zu trainieren. Die Trainingsdaten können von den Fahrzeugen erzeugt werden, und/oder können in einer Simulation (z.B. unter Verwendung einer Spiel-Engine) generiert werden. In einigen Beispielen werden die Trainingsdaten gekennzeichnet (z.B. wenn das neuronale Netzwerk von überwachtem Lernen profitiert) und/oder einer anderen Vorverarbeitung unterzogen, während in anderen Beispielen die Trainingsdaten nicht gekennzeichnet und/oder vorverarbeitet werden (z.B. wenn das neuronale Netzwerk kein überwachtes Lernen erfordert). Das Training kann nach einer oder mehreren Klassen von Techniken maschinellen Lernens durchgeführt werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Klassen wie: überwachtes Training, halbüberwachtes Training, unüberwachtes Training, selbstlernendes Lernen, Verstärkungslernen, föderiertes Lernen, Transferlernen, Merkmalslernen (einschließlich Hauptkomponenten- und Clusteranalysen), multilines Unterraumlernen, vielfältiges Lernen, Repräsentationslernen (einschließlich Lernen mit Ersatzwörterbüchern), regelbasiertes maschinelles Lernen, Anomalieerkennung und alle Varianten oder Kombinationen davon. Sobald die Modelle maschinellen Lernens trainiert sind, können die Modelle maschinellen Lernens von den Fahrzeugen verwendet werden (z.B. über die Netzwerk(e) 690 an die Fahrzeuge übertragen werden, und/oder können die Modelle maschinellen Lernens von dem/den Servern) 678 zur Fernüberwachung der Fahrzeuge verwendet werden.

[0161] In einigen Beispielen können der/die Server 678 Daten von den Fahrzeugen empfangen und die Daten auf aktuelle neuronale Echtzeit-Netzwerke zur intelligenten Echtzeit-Inferenzierung anwenden. Der/die Server 678 können Deep Learning-Supercomputer und/oder dedizierte KI-Computer umfassen, die mit der/den GPU(s) 684 betrieben werden, wie z.B. die von NVIDIA entwickelten DGX- und DGX-Station-Maschinen. In einigen Beispielen kann/können der/die Server 678 jedoch auch eine Deep Learning-Infrastruktur umfassen, die nur CPU-gestützte Datenzentren verwendet.

[0162] Die Deep Learning-Infrastruktur des/der Server(s) 678 kann in der Lage sein, schnelle Echtzeit-Inferenzierung durchzuführen, und kann diese Fähigkeit dazu nutzen, den Zustand der Prozessoren, der Software und/oder der zugehörigen Hardware in dem Fahrzeug 600 zu bewerten und zu überprüfen. Zum Beispiel kann die Deep Learning-Infrastruktur periodische Aktualisierungen von dem Fahrzeug 600 empfangen, wie beispielsweise eine Sequenz von Bildern und/oder Objekten, die das Fahrzeug 600 in dieser Sequenz von Bildern lokalisiert hat (z.B. über Computer Vision und/oder andere Objektklassifizierungstechniken für maschinelles Lernen). Die Deep Learning-Infrastruktur kann ihr eigenes neuronales Netzwerk betreiben, um die Objekte zu identifizieren und sie mit den von dem Fahrzeug 600 identifizierten Objekten zu vergleichen, und, falls die Ergebnisse nicht übereinstimmen und die Infrastruktur zu dem Schluss kommt, dass die KI in dem Fahrzeug 600 fehlerhaft funktioniert, können der/die Server 678 ein Signal an das Fahrzeug 600 übertragen, das einen ausfallsicheren Computer des Fahrzeugs 600 dazu anweist, die Kontrolle zu übernehmen, die Passagiere zu benachrichtigen und ein sicheres Einparkmanöver durchzuführen.

[0163] Zur Inferenzierung können der/die Server 678 die GPU(s) 684 und einen oder mehrere programmierbare Inferenzbeschleuniger (z.B. TensorRT von NVIDIA) beinhalten. Die Kombination aus GPU-betriebenen Servern und Inferenzbeschleunigung kann eine Echtzeit-Ansprechvermögen ermöglichen. In anderen Beispielen, in welchen beispielsweise die Leistung weniger kritisch ist, können Server, die von CPUs, FPGAs und anderen Prozessoren mit Energie versorgt werden, für Inferenz-zwecke eingesetzt werden.

BEISPIELHAFTE RECHENVORRICHTUNG

[0164] Fig. 7 ist ein Blockdiagramm von einer oder mehreren beispielhaften Rechenvorrichtung(en) 700, die zur Verwendung bei der Implementierung einiger Ausführungsformen der Erfindung geeignet ist/sind. Die Rechenvorrichtung 700 kann einen Bus 702 beinhalten, der direkt oder indirekt die folgenden

Einrichtungen koppelt: Speicher 704, eine oder mehrere Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) 706, eine oder mehrere Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) 708, eine Kommunikationsschnittstelle 710, Eingabe-/Ausgabe (E/A)-Ports 712, Ein-/Ausgabe-Komponenten 714, eine Stromversorgung 716, eine oder mehrere Darstellungskomponenten 718 (z.B. Anzeige(n)) und eine oder mehrere Logikeinheiten 720. In mindestens einer Ausführungsform kann/können die Rechenvorrichtung(en) 700 eine oder mehrere virtuelle Maschinen (VMs) umfassen und/oder kann jede der Komponenten davon virtuelle Komponenten (z.B. virtuelle Hardwarekomponenten) umfassen. Als nicht beschränkende Beispiele können eine oder mehrere der GPUs 708 eine oder mehrere vGPUs umfassen, können eine oder mehrere der CPUs 706 eine oder mehrere vCPUs umfassen, und/oder können eine oder mehrere der Logikeinheiten 720 eine oder mehrere virtuelle Logikeinheiten umfassen. So kann eine Rechenvorrichtung 700 diskrete Komponenten (z.B. eine vollständige GPU, die der Rechenvorrichtung 700 zugeordnet ist), virtuelle Komponenten (z.B. einen Teil einer GPU, die der Rechenvorrichtung 700 zugeordnet ist) oder eine Kombination davon umfassen.

[0165] Obwohl die verschiedenen Blöcke von **Fig. 7** als über das (Interconnect- bzw. Zwischen-) Verbindungssystem 702 mit Leitungen verbunden dargestellt sind, soll dies nicht beschränkend sein und dient nur der Klarheit. Beispielsweise kann in einigen Ausführungsformen eine Darstellungskomponente 718, wie z. B. eine Anzeigevorrichtung, als eine E/A-Komponente 714 betrachtet werden (z.B. wenn die Anzeige ein Touchscreen ist). Als ein weiteres Beispiel können die CPUs 706 und/oder die GPUs 708 Speicher beinhalten (z.B. kann der Speicher 704 für eine Speichervorrichtung zusätzlich zu dem Speicher der GPUs 708, der CPUs 706 und/oder anderer Komponenten repräsentativ sein). Mit anderen Worten ist die Rechenvorrichtung von **Fig. 7** lediglich veranschaulichend. Es wird nicht zwischen solchen Kategorien wie „Arbeitsstation“, „Server“, „Laptop“, „Desktop“, „Tablet“, „Client-Vorrichtung“, „mobile Vorrichtung“, „Handheld-Vorrichtung“, „Spielkonsole“, „elektronische Steuereinheit (ECU)“, „Virtual-Reality-System“ und/oder anderen Vorrichtungen- oder Systemtypen unterschieden, da alle als im Rahmen des Rechenvorrichtung von **Fig. 7** liegend betrachtet werden.

[0166] Das Verbindungssystem 702 kann eine oder mehrere Verbindungen oder Busse repräsentieren, wie z.B. einen Adressbus, einen Datenbus, einen Steuerbus oder eine Kombination davon. Das Verbindungssystem 702 kann einen oder mehrere Bus- oder Verbindungstypen umfassen, z.B. einen ISA (Industry Standard Architecture)-Bus, einen EISA (Extended Industry Standard Architecture)-Bus, einen VESA (Video Electronics Standards Associa-

tion)-Bus, einen PCI (Peripheral Component Interconnect)-Bus, einen PCIe (Peripheral Component Interconnect Express)-Bus und/oder eine andere Art von Bus oder Verbindung. In einigen Ausführungsformen gibt es direkte Verbindungen zwischen den Komponenten. So kann beispielsweise die CPU 706 direkt mit dem Speicher 704 verbunden sein. Außerdem kann die CPU 706 direkt mit der GPU 708 verbunden sein. Bei direkten oder Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Komponenten kann das Verbindungssystem 702 eine PCIe-Verbindung enthalten, um die Verbindung herzustellen. In diesen Beispielen muss ein PCI-Bus nicht in der Rechenvorrichtung 700 enthalten sein.

[0167] Der Speicher 704 kann ein beliebiges einer Vielzahl von computerlesbaren Medien beinhalten. Das computerlesbare Medium kann ein beliebiges verfügbares Medium sein, auf das von der Rechenvorrichtung 700 zugegriffen werden kann. Die computerlesbaren Medien können sowohl flüchtige als auch nichtflüchtige Medien sowie entnehmbare und nicht entnehmbare Medien beinhalten. Beispielfhaft und nicht beschränkend können die computerlesbaren Medien Computer-Speichermedien und Kommunikationsmedien umfassen.

[0168] Die Computer-Speichermedien können sowohl flüchtige als auch nichtflüchtige Medien und/oder entnehmbare und nicht entnehmbare Medien beinhalten, die in einem beliebigen Verfahren oder einer beliebigen Technologie zur Speicherung von Informationen wie beispielsweise computerlesbaren Anweisungen, Datenstrukturen, Programmmodulen und/oder anderen Datentypen implementiert sind. Zum Beispiel kann der Speicher 704 computerlesbare Anweisungen speichern (die z.B. ein oder mehrere Programm(e) und/oder ein oder mehrere Programmelement(e), wie beispielsweise ein Betriebssystem, repräsentieren). Computer-Speichermedien können, ohne darauf beschränkt zu sein, RAM, ROM, EEPROM, Flash-Speicher oder eine andere Speichertechnologie, CD-ROM, Digital Versatile Disks (DVD) oder andere optische Plattenspeicher, Magnetkassetten, Magnetband, Magnetplattenspeicher oder andere magnetische Speichervorrichtungen oder jedes beliebige andere Medium beinhalten, welches dazu verwendet werden kann, die gewünschten Informationen zu speichern und auf welche von der Rechenvorrichtung 700 zugegriffen werden kann. Wie hierin verwendet, umfassen Computerspeichermedien keine Signale per se.

[0169] Die Computer-Speichermedien können computerlesbare Anweisungen, Datenstrukturen, Programmmodule und/oder andere Datentypen in einem modulierten Datensignal wie beispielsweise einer Trägerwelle oder einem anderen Transportmechanismus verkörpern und umfassen beliebige Informationslieferungsmedien. Der Begriff „moduliertes

Datensignal“ kann sich auf ein Signal beziehen, bei dem eine oder mehrere seiner Eigenschaften so festgelegt oder geändert wurden, dass Informationen in dem Signal codiert werden. Beispielfähig und nicht beschränkend können die Computer-Speichermedien drahtgebundene Medien wie beispielsweise ein drahtgebundenes Netzwerk oder eine direkt verdrahtete Verbindung sowie drahtlose Medien wie beispielsweise akustische, HF-, Infrarot- und andere drahtlose Medien beinhalten. Kombinationen von Beliebigem des Vorstehenden sollten ebenfalls in den Rahmen computerlesbarer Medien einbezogen werden.

[0170] Die CPU(s) 706 kann/können dazu konfiguriert sein, die computerlesbaren Anweisungen zur Steuerung einer oder mehrerer Komponenten der Rechenvorrichtung 700 auszuführen, um eines oder mehrere der hierin beschriebenen Verfahren und/oder Prozesse auszuführen. Die CPU(s) 706 kann/können jeweils einen oder mehrere Kerne (z.B. einen, zwei, vier, acht, achtundzwanzig, zweiundsiebzig usw.) beinhalten, die in der Lage sind, eine Vielzahl von Software-Threads gleichzeitig zu verarbeiten. Die CPU(s) 706 kann/können eine beliebige Art von Prozessor beinhalten, und kann/können je nach Art der implementierten Rechenvorrichtung 700 verschiedene Typen von Prozessoren beinhalten (z.B. Prozessoren mit weniger Kernen für mobile Vorrichtungen und Prozessoren mit mehr Kernen für Server). Je nach Typ der Rechenvorrichtung 700 kann der Prozessor z.B. ein Advanced RISC Machines (ARM)-Prozessor sein, der unter Verwendung von Reduced Instruction Set Computing (RISC) implementiert ist, oder ein x86-Prozessor, der unter Verwendung von Complex Instruction Set Computing (CISC) implementiert ist. Die Rechenvorrichtung 700 kann eine oder mehrere CPUs 706 zusätzlich zu einem oder mehreren Mikroprozessoren oder ergänzenden Coprozessoren, wie z.B. mathematischen Coprozessoren, beinhalten.

[0171] Zusätzlich zu oder alternativ zu der/den CPU(s) 706 kann/können die GPU(s) 708 so konfiguriert sein, dass sie zumindest einige der computerlesbaren Anweisungen ausführen, um eine oder mehrere Komponenten der Rechenvorrichtung 700 zu steuern, um eines/einen oder mehrere der hierin beschriebenen Verfahren und/oder Prozesse durchzuführen. Eine oder mehrere der GPU(s) 708 kann/können eine integrierte GPU sein (z.B. mit einer oder mehreren der CPU(s) 706 und/oder eine oder mehrere der GPU(s) 708 kann/können eine diskrete GPU sein. In Ausführungsformen kann eine oder mehrere der GPU(s) 708 ein Coprozessor einer oder mehrerer der CPU(s) 706 sein. Die GPU(s) 708 kann/können von der Rechenvorrichtung 700 verwendet werden, um Grafiken (z.B. 3D-Grafiken) zu rendern oder allgemeine Berechnungen durchzuführen. Die GPU(s) 708 kann/können zum Beispiel für General-Pur-

pose Computing on GPUs (GPGPU) verwendet werden. Die GPU(s) 708 kann/können Hunderte oder Tausende von Kernen beinhalten, die in der Lage sind, Hunderte oder Tausende von Software-Threads gleichzeitig zu verarbeiten. Die GPU(s) 708 kann/können im Ansprechen auf Rendering-Befehle (z.B. Rendering-Befehle von der/den CPU(s) 706, die über eine Host-Schnittstelle empfangen werden) Pixeldaten für Ausgabebilder erzeugen. Die GPU(s) 708 kann/können einen Grafikspeicher, z.B. einen Anzeigespeicher, zum Speichern von Pixeldaten oder anderen geeigneten Daten, z.B. GPGPU-Daten, beinhalten. Der Anzeigespeicher kann als Teil des Speichers 704 enthalten sein. Die GPU(s) 708 kann/können zwei oder mehr GPUs umfassen, die parallel arbeiten (z.B. über eine Verbindung). Die Verbindung kann die GPUs direkt verbinden (z.B. unter Verwendung von NVLINK) oder über einen Switch (z.B. unter Verwendung von NVSwitch). Wenn sie miteinander kombiniert werden, kann jede GPU 708 Pixeldaten oder GPGPU-Daten für verschiedene Teile einer Ausgabe oder für verschiedene Ausgaben (z.B. eine erste GPU für ein erstes Bild und eine zweite GPU für ein zweites Bild) erzeugen. Jede GPU kann ihren eigenen Speicher haben oder sich den Speicher mit anderen GPUs teilen.

[0172] Zusätzlich zu oder alternativ zu der (den) CPU(s) 706 und/oder der (den) GPU(s) 708 kann (können) die Logikeinheit(en) 720 so konfiguriert sein, dass sie zumindest einige der computerlesbaren Anweisungen ausführt (ausführen), um eine oder mehrere Komponenten der Rechenvorrichtung 700 so zu steuern, dass eines oder mehrere der hierin beschriebenen Verfahren und/oder Prozesse durchgeführt werden. In Ausführungsformen können die CPU(s) 706, die GPU(s) 708 und/oder die Logikeinheit(en) 720 diskret oder gemeinsam eine beliebige Kombination der Verfahren, Prozesse und/oder Teile davon ausführen. Eine oder mehrere der Logikeinheiten 720 können Teil einer oder mehrerer der CPU(s) 706 und/oder der GPU(s) 708 sein und/oder eine oder mehrere der Logikeinheiten 720 können diskrete Komponenten sein oder anderweitig außerhalb der CPU(s) 706 und/oder der GPU(s) 708 liegen. In Ausführungsformen kann eine oder mehrere der Logikeinheiten 720 ein Coprozessor einer oder mehrerer der CPU(s) 706 und/oder einer oder mehrerer der GPU(s) 708 sein.

[0173] Beispiele für die Logikeinheit(en) 720 umfassen einen oder mehrere Rechenkerne und/oder Komponenten davon, wie Tensor Cores (TCs), Tensor Processing Units (TPUs), Pixel Visual Cores (PVCs), Vision Processing Units (VPUs), Graphics Processing Clusters (GPCs), Texture Processing Clusters (TPCs), Streaming Multiprocessors (SMs), Tree Traversal Units (TTUs), Artificial Intelligence Accelerators (AIAs), Deep Learning Accelerators (DLAs), Arithmetik-Logik-Einheiten (ALUs), anwen-

dungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs), Fließkomma-Einheiten (FPUs), Eingabe-/Ausgabe-Elemente (E/A), Peripheral Component Interconnect (PCI)- oder Peripheral Component Interconnect Express (PCIe)-Elemente und/oder dergleichen.

[0174] Die Kommunikationsschnittstelle 710 kann einen oder mehrere Empfänger, Sender und/oder Sender-Empfänger beinhalten, die es der Rechenvorrichtung 700 ermöglichen, mit anderen Computegeräten über ein elektronisches Kommunikationsnetz, einschließlich drahtgebundener und/oder drahtloser Kommunikation, zu kommunizieren. Die Kommunikationsschnittstelle 710 kann Komponenten und Funktionalität beinhalten, die eine Kommunikation über ein beliebiges einer Anzahl verschiedener Netzwerke, wie beispielsweise drahtlose Netzwerke (z.B. Wi-Fi, Z-Wave, Bluetooth, Bluetooth LE, ZigBee usw.), drahtgebundene Netzwerke (z.B. Kommunikation über Ethernet oder InfiniBand), Weitverkehrsnetzwerke mit geringem Stromverbrauch (z.B. LoRaWAN, SigFox usw.) und/oder das Internet ermöglichen.

[0175] Die E/A-Ports 712 können es der Rechenvorrichtung 700 ermöglichen, logisch mit anderen Vorrichtungen einschließlich der E/A-Komponenten 714, der Präsentationskomponente(n) 718 und/oder anderer Komponenten, von welchen einige in die Rechenvorrichtung 700 eingebaut (z.B. integriert) sein können, gekoppelt zu sein. Illustrative E/A-Komponenten 714 beinhalten ein Mikrofon, eine Maus, eine Tastatur, einen Joystick, ein Gamepad, eine Spielsteuereinrichtung, eine Satellitenantenne, einen Scanner, einen Drucker, eine drahtlose Vorrichtung usw. Die E/A-Komponenten 714 können eine natürliche Benutzerschnittstelle (NUI) bereitstellen, die Luftgesten, Stimme oder andere physiologische Inputs, die von einem Benutzer erzeugt werden, verarbeitet. In einigen Fällen können Inputs zur weiteren Verarbeitung an ein geeignetes Netzwerkelement übertragen werden. Eine NUI kann eine beliebige Kombination von Spracherkennung, Taststifterkennung, Gesichtserkennung, biometrischer Erkennung, Gestenerkennung sowohl auf einem Bildschirm als auch neben dem Bildschirm, Luftgesten, Kopf- und Augenverfolgung und Berührungserkennung (wie nachstehend näher beschrieben) in Verbindung mit einer Anzeige der Rechenvorrichtung 700 implementieren. Die Rechenvorrichtung 700 kann Tiefenkameras, wie beispielsweise stereoskopische Kamerasysteme, Infrarotkamerasysteme, RGB-Kamerasysteme, Touchscreen-Technologie und Kombinationen derselben, zur Gestenerfassung und Gestenerkennung beinhalten. Darüber hinaus kann die Rechenvorrichtung 700 Beschleunigungsmesser oder Gyroskope (z.B. als Teil einer Trägheitsmesseinheit (IMU)) beinhalten, die die Erfassung von Bewegung ermöglichen. In einigen Beispielen kann die Ausgabe der Beschleunigungsmes-

ser oder Gyroskope von der Rechenvorrichtung 1200 dazu verwendet werden, immersive erweiterte Realität oder virtuelle Realität zu rendern.

[0176] Die Stromversorgung 716 kann eine fest verdrahtete Stromversorgung, eine Batteriestromversorgung oder eine Kombination derselben beinhalten. Die Stromversorgung 716 kann die Rechenvorrichtung 700 mit Energie versorgen, um den Betrieb der Komponenten der Rechenvorrichtung 700 zu ermöglichen.

[0177] Die eine oder die mehreren Darstellungs-komponente(n) 718 kann/können eine Anzeige (z.B. einen Monitor, einen Touchscreen, einen Fernsehbildschirm, eine Head-Up-Anzeige (HUD), andere Anzeigetypen oder eine Kombination derselben), Lautsprecher und/oder andere Präsentationskomponenten beinhalten. Die Präsentationskomponente(n) 718 kann/können Daten von anderen Komponenten (z.B. der/den GPU(s) 708, der/den CPU(s) 706 usw.) empfangen und die Daten (z.B. als ein Bild, Video, Ton usw.) ausgeben.

BEISPIELHAFTES RECHENZENTRUM

[0178] Fig. 8 veranschaulicht ein beispielhaftes Rechenzentrum 800, gemäß mindestens einer Ausführungsform. Das Rechenzentrum 800 kann eine Rechenzentrums-Infrastrukturschicht 810, eine Frameworkschicht 820, eine Softwareschicht 830 und/oder eine Anwendungsschicht 840 beinhalten.

[0179] Wie in Fig. 8 gezeigt, kann die Infrastrukturschicht 810 des Rechenzentrums einen Ressourcen-Orchestrator 812, gruppierte Rechenressourcen 814 und Knotenrechenressourcen („Knoten-C.R.s“) 816(1)-816(N) beinhalten, wobei „N“ eine beliebige ganze, positive Zahl repräsentiert. In mindestens einer Ausführungsform können die Knoten-C.R.s 816(1)-816(N), ohne darauf beschränkt zu sein, eine beliebige Anzahl von Zentralverarbeitungseinheiten („CPUs“) oder anderen Prozessoren (einschließlich Beschleunigern, feldprogrammierbaren Gate-Arrays (FPGAs), Grafikprozessoren oder Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) usw.), Speichervorrichtungen (z.B., dynamischen Festwertspeicher), Speichergeräte (z.B. Festkörper- oder Plattenlaufwerke), Netzwerk-Eingabe-/Ausgabegeräte („NW E/A“), Netzwerk-Switches, virtuelle Maschinen („VMs“), Stromversorgungsmodule und/oder Kühlmodule usw. beinhalten. In einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere Knoten-C.R.s unter den Knoten-C.R.s 816(1)-816(N) einem Server entsprechen, der über eine oder mehrere der oben genannten Rechenressourcen verfügt. Darüber hinaus können in einigen Ausführungsformen die Knoten C.R.s 816(1)-816(N) eine oder mehrere virtuelle Komponenten beinhalten, wie z.B. vGPUs, vCPUs und/oder dergleichen, und/oder können

einer oder mehrere der Knoten C.R.s 816(1)-816(N) einer virtuellen Maschine (VM) entsprechen.

[0180] In mindestens einer Ausführungsform können die gruppierten Rechenressourcen 814 separate Gruppierungen von Knoten-CRs 816 umfassen, die in einem oder mehreren Racks (nicht dargestellt) oder in vielen Racks in Rechenzentren an verschiedenen geografischen Standorten (ebenfalls nicht dargestellt) untergebracht sind. Separate Gruppierungen von Knoten-C.R.s 816 innerhalb der gruppierten Rechenressourcen 814 können gruppierte Rechen-, Netzwerk-, Speicher- oder Speicherressourcen umfassen, die zur Unterstützung einer oder mehrerer Arbeitslasten konfiguriert oder zugewiesen sein können. In mindestens einer Ausführungsform können mehrere Knoten-CRs 816 einschließlich CPUs, GPUs und/oder anderer Prozessoren in einem oder mehreren Racks gruppiert sein, um Rechenressourcen zur Unterstützung einer oder mehrerer Arbeitslasten bereitzustellen. Das eine oder die mehreren Racks können auch eine beliebige Anzahl von Stromversorgungsmodulen, Kühlmodulen und/oder Netzwerk-Switches in beliebiger Kombination beinhalten.

[0181] Der Ressourcen-Orchestrator 822 kann einen oder mehrere Knoten-CRs 816(1)-816(N) und/oder gruppierte Rechenressourcen 814 konfigurieren oder anderweitig steuern. In mindestens einer Ausführungsform kann der Ressourcen-Orchestrator 822 eine Software-Design-Infrastruktur („SDI“)-Verwaltungseinheit für das Rechenzentrum 800 beinhalten. Der Ressourcen-Orchestrator 822 kann Hardware, Software oder eine Kombination davon beinhalten.

[0182] In mindestens einer Ausführungsform, wie in **Fig. 8** gezeigt, kann die Frameworkschicht 820 einen Job-Scheduler 832, einen Konfigurationsmanager 834, einen Ressourcenverwalter 836 und/oder ein verteiltes Dateisystem 838 beinhalten. Die Frameworkschicht 820 kann ein Framework zur Unterstützung der Software 832 der Softwareschicht 830 und/oder einer oder mehrerer Anwendungen 842 der Anwendungsschicht 840 beinhalten. Die Software 832 oder die Anwendung(en) 842 können jeweils webbasierte Dienstsoftware oder Anwendungen beinhalten, wie sie beispielsweise von Amazon Web Services, Google Cloud und Microsoft Azure bereitgestellt werden. Bei der Frameworkschicht 820 kann es sich um eine Art freies und quelloffenes Software-Webanwendungs-Framework wie Apache Spark™ (im Folgenden „Spark“) handeln, das ein verteiltes Dateisystem 838 für die Verarbeitung großer Datenmengen (z.B. „Big Data“) nutzen kann, ohne darauf beschränkt zu sein. In mindestens einer Ausführungsform kann der Job-Scheduler 832 einen Spark-Treiber enthalten, um die Planung von Arbeitslasten zu erleichtern, die von verschiedenen

Schichten des Rechenzentrums 800 unterstützt werden. Der Konfigurationsmanager 834 kann in der Lage sein, verschiedene Schichten zu konfigurieren, z.B. die Softwareschicht 830 und die Frameworkschicht 820 einschließlich Spark und das verteilte Dateisystem 838 zur Unterstützung der Verarbeitung großer Datenmengen. Der Ressourcenverwalter 836 kann in der Lage sein, geclusterte oder gruppierte Computerressourcen zu verwalten, die zur Unterstützung des verteilten Dateisystems 838 und des Job-Schedulers 832 zugeordnet sind. In mindestens einer Ausführungsform können die geclusterten oder gruppierten Rechenressourcen die gruppierten Rechenressourcen 814 auf der Infrastrukturschicht 810 des Rechenzentrums umfassen. Der Ressourcenverwalter 1036 kann sich mit dem Ressourcen-Orchestrator 812 abstimmen, um diese zugeordneten oder zugewiesenen Computerressourcen zu verwalten.

[0183] In mindestens einer Ausführungsform kann die in der Softwareschicht 830 enthaltene Software 832 Software beinhalten, die von mindestens Teilen der Knoten C.R.s 816(1)-816(N), der gruppierten Rechenressourcen 814 und/oder des verteilten Dateisystems 838 der Rahmenschicht 820 verwendet wird. Eine oder mehrere Arten von Software können, ohne darauf beschränkt zu sein, Internet-Suchsoftware, Software zum Scannen von E-Mail-Viren, Datenbanksoftware und Software für Streaming-Videoinhalte umfassen.

[0184] In mindestens einer Ausführungsform kann (können) die in der Anwendungsschicht 840 enthaltene(n) Anwendung(en) 842 eine oder mehrere Arten von Anwendungen umfassen, die von mindestens Teilen der Knoten C.R.s 816(1)-816(N), gruppierten Rechenressourcen 814 und/oder dem verteilten Dateisystem 838 der Frameworkschicht 820 verwendet werden. Eine oder mehrere Arten von Anwendungen können eine beliebige Anzahl von Genomanwendungen, kognitiven Berechnungen und Anwendungen für maschinelles Lernen umfassen, einschließlich Trainings- oder Inferenzierungssoftware, Framework-Software für maschinelles Lernen (z.B. PyTorch, TensorFlow, Caffe usw.) und/oder andere Anwendungen für maschinelles Lernen, die in Verbindung mit einer oder mehreren Ausführungsformen verwendet werden, sind aber nicht darauf beschränkt.

[0185] In mindestens einer Ausführungsform können der Konfigurationsmanager 834, der Ressourcenverwalter 836 und der Ressourcen-Orchestrator 812 eine beliebige Anzahl und Art von selbstmodifizierenden Aktionen implementieren, die auf einer beliebigen Menge und Art von Daten basieren, die auf jede technisch mögliche Weise erfasst wurden. Selbstmodifizierende Aktionen können einen Rechenzentrumsbetreiber des Rechenzentrums

800 davon entlasten, möglicherweise schlechte Konfigurationsentscheidungen zu treffen und möglicherweise nicht ausgelastete und/oder schlecht funktionierende Teile eines Rechenzentrums vermeiden.

[0186] Das Rechenzentrum 800 kann Werkzeuge, Dienste, Software oder andere Ressourcen beinhalten, um ein oder mehrere Modelle maschinellen Lernens zu trainieren oder Informationen unter Verwendung eines oder mehrerer Modelle maschinellen Lernens gemäß einer oder mehrerer hierin beschriebener Ausführungsformen vorherzusagen oder abzuleiten. Beispielsweise kann ein Modell maschinellen Lernens bzw. können Modelle maschinellen Lernens trainiert werden, indem Gewichtparameter gemäß einer neuronalen Netzwerkarchitektur unter Verwendung von Software und/oder Computerressourcen berechnet werden, die vorstehend in Bezug auf das Rechenzentrum 800 beschrieben wurden. In mindestens einer Ausführungsform können trainierte oder eingesetzte Modelle maschinellen Lernens, die einem oder mehreren neuronalen Netzwerken entsprechen, verwendet werden, um Informationen abzuleiten oder vorherzusagen, wobei die vorstehend beschriebenen Ressourcen in Bezug auf das Rechenzentrum 800 verwendet werden, indem Gewichtungparameter verwendet werden, die durch eine oder mehrere Trainingstechniken berechnet werden, wie z. B., aber nicht beschränkt auf, die hierin beschrieben.

[0187] In mindestens einer Ausführungsform kann das Rechenzentrum 800 CPUs, anwendungsspezifische integrierte Schaltkreise (ASICs), GPUs, FPGAs und/oder andere Hardware (oder entsprechende virtuelle Rechenressourcen) verwenden, um das Training und/oder die Inferenzierung unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Ressourcen durchzuführen. Darüber hinaus können eine oder mehrere der vorstehend beschriebenen Software- und/oder Hardwareressourcen als Dienst konfiguriert sein, um Benutzern das Training oder die Inferenzierung von Informationen, wie z.B. Bilderkennung, Spracherkennung oder andere Dienste der künstlichen Intelligenz, zu ermöglichen.

BEISPIELHAFTE NETZWERKUMGEBUNGEN

[0188] Netzwerkumgebungen, die für die Verwendung bei der Implementierung von Ausführungsformen der Erfindung geeignet sind, können ein oder mehrere Client-Geräte, Server, Network Attached Storage (NAS), andere Backend-Geräte und/oder andere Gerätetypen umfassen. Die Client-Geräte, Server und/oder anderen Gerätetypen (z.B. jedes Gerät) können auf einer oder mehreren Instanzen der Rechenvorrichtung(en) 700 von **Fig. 7** implementiert sein - z.B. kann jedes Gerät ähnliche Komponenten, Merkmale und/oder Funktionalität der Rechenvorrichtung(en) 700 beinhalten. Wenn

Backend-Geräte (z.B. Server, NAS usw.) implementiert sind, können die Backend-Geräte außerdem Teil eines Rechenzentrums 800 sein, von welchem ein Beispiel hierin unter Bezugnahme auf **Fig. 8** näher beschrieben ist.

[0189] Komponenten einer Netzwerkumgebung können über ein oder mehrere Netzwerke miteinander kommunizieren, die drahtgebunden, drahtlos oder beides sein können. Das Netzwerk kann mehrere Netzwerke oder ein Netzwerk von Netzwerken umfassen. So kann das Netzwerk beispielsweise ein oder mehrere Wide Area Networks (WANs), ein oder mehrere Local Area Networks (LANs), ein oder mehrere öffentliche Netzwerke wie das Internet und/oder ein öffentliches Telefonnetzwerk (PSTN) und/oder ein oder mehrere private Netzwerke umfassen. Wenn das Netzwerk ein drahtloses Telekommunikationsnetzwerk umfasst, können Komponenten wie eine Basisstation, ein Kommunikationsturm oder sogar Zugangspunkte (sowie andere Komponenten) eine drahtlose Konnektivität bieten.

[0190] Zu den kompatiblen Netzwerkumgebungen gehören eine oder mehrere Peer-to-Peer-Netzwerkumgebungen - in diesem Fall kann ein Server nicht in einer Netzwerkumgebung enthalten sein - und eine oder mehrere Client-Server-Netzwerkumgebungen - in diesem Fall können ein oder mehrere Server in einer Netzwerkumgebung enthalten sein. In Peer-to-Peer-Netzwerkumgebungen kann die hierin beschriebene Funktionalität in Bezug auf einen oder mehrere Server auf einer beliebigen Anzahl von Client-Geräten implementiert sein.

[0191] In mindestens einer Ausführungsform kann eine Netzwerkumgebung eine oder mehrere Cloud-basierte Netzwerkumgebungen, eine verteilte Rechenumgebung, eine Kombination davon usw. umfassen. Eine Cloud-basierte Netzwerkumgebung kann eine Frameworkschicht, einen Job-Scheduler, einen Ressourcenverwalter und ein verteiltes Dateisystem umfassen, die auf einem oder mehreren Servern implementiert sind, die einen oder mehrere Kernnetzwerkserver und/oder Edge-Server umfassen können. Eine Frameworkschicht kann ein Framework zur Unterstützung von Software einer Softwareebene und/oder einer oder mehrerer Anwendungen einer Anwendungsschicht umfassen. Die Software oder die Anwendung(en) können jeweils webbasierte Dienstsoftware oder Anwendungen umfassen. In Ausführungsformen können ein oder mehrere Client-Geräte die webbasierte Dienstsoftware oder Anwendungen nutzen (z.B. durch Zugriff auf die Dienstsoftware und/oder Anwendungen über eine oder mehrere Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs)). Die Frameworkschicht kann eine Art von freiem und quelloffenem Software-Webanwendungs-Framework sein, das z.B. ein verteiltes Dateisystem für die Verarbeitung großer Datenmengen

(z.B. „Big Data“) verwendet, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0192] Eine Cloud-basierte Netzwerkkumgebung kann Cloud-Computing und/oder Cloud-Speicher bereitstellen, die eine beliebige Kombination der hierin beschriebenen Rechen- und/oder Datenspeicherfunktionen (oder einen oder mehrere Teile davon) ausführen. Jede dieser verschiedenen Funktionen kann über mehrere Standorte von zentralen oder Kernservern (z.B. von einem oder mehreren Rechenzentren, die über einen Staat, eine Region, ein Land, den Globus usw. verteilt sein können) verteilt sein. Befindet sich eine Verbindung zu einem Benutzer (z.B. einem Client-Gerät) relativ nahe an einem oder mehreren Edge-Servern, kann ein Kernserver zumindest einen Teil der Funktionalität dem oder den Edge-Servern zuweisen. Eine Cloud-basierte Netzwerkkumgebung kann privat (z.B. auf eine einzelne Organisation beschränkt), öffentlich (z.B. für viele Organisationen verfügbar) und/oder eine Kombination davon (z.B. eine hybride Cloud-Umgebung) sein.

[0193] Das (die) Client-Gerät(e) kann (können) zumindest einige der Komponenten, Merkmale und Funktionen der hierin in Bezug auf **Fig. 7** beschriebenen beispielhaften der Rechenvorrichtung(en) 700 enthalten. Beispielhaft und ohne Beschränkung darauf kann ein Client-Gerät ein Personal Computer (PC), ein Laptop, ein mobiles Gerät, ein Smartphone, ein Tablet-Computer, eine Smartwatch, ein tragbarer Computer, ein Personal Digital Assistant (PDA), ein MP3-Player, ein Virtual-Reality-Headset, ein Global Positioning System (GPS) oder ein Gerät, ein Videoplayer, eine Videokamera, ein Überwachungsgerät oder -system, ein Fahrzeug, ein Boot, ein Luftfahrzeug, eine virtuelle Maschine, eine Drohne, ein Roboter, ein tragbares Kommunikationsgerät, ein Krankenhausgerät, ein Spielgerät oder -system, ein Unterhaltungssystem, ein Fahrzeugcomputersystem, ein eingebettetes Systemsteuergerät, eine Fernbedienung, ein Gerät, ein Unterhaltungselektronikgerät, eine Workstation, ein Edge-Gerät, eine beliebige Kombination dieser beschriebenen Geräte oder jedes andere geeignete Gerät beinhalten.

[0194] Die Erfindung kann im allgemeinen Kontext von Computercode oder maschinenverwendbaren Anweisungen, einschließlich computerausführbarer Anweisungen, wie z.B. Programmmodulen, beschrieben werden, die von einem Computer oder einer anderen Maschine, wie z.B. einem Assistenten für persönliche Daten oder einer anderen in der Hand zu haltenden Vorrichtung, ausgeführt werden. Allgemein beziehen sich Programmmodule, einschließlich von Routinen, Programmen, Objekten, Komponenten, Datenstrukturen usw., auf Code, der bestimmte Aufgaben ausführt oder bestimmte abstrakte Datentypen implementiert. Die Erfindung kann in einer Viel-

zahl von Systemkonfigurationen praktiziert werden, einschließlich von in der Hand zu haltenden Vorrichtungen, Unterhaltungselektronik, Allzweckcomputern, spezielleren Rechenvorrichtungen usw. Die Erfindung kann darüber hinaus in verteilten Computenumgebungen praktiziert werden, in denen Aufgaben durch Fernverarbeitungsvorrichtungen ausgeführt werden, die über ein Kommunikationsnetzwerk miteinander verbunden sind.

[0195] Wie hierin verwendet, sollte eine Rezipitation von „und/oder“ in Bezug auf zwei oder mehr Elemente so interpretiert werden, dass nur ein Element oder eine Kombination von Elementen gemeint ist. Zum Beispiel kann „Element A, Element B und/oder Element C“ nur Element A, nur Element B, nur Element C, Element A und Element B, Element A und Element C, Element B und Element C oder die Elemente A, B und C beinhalten. Darüber hinaus kann „zumindest eines des Elements A oder des Elements B“ zumindest eines des Elements A, zumindest eines von Element B oder zumindest eines von Element A und zumindest eines von Element B beinhalten. Ferner kann „zumindest eines von Element A und Element B“ zumindest eines von Element A, zumindest eines von Element B oder zumindest eines von Element A und zumindest eines von Element B beinhalten.

[0196] Der Gegenstand der Erfindung wird hierin spezifisch beschrieben, um gesetzliche Anforderungen zu erfüllen. Die Beschreibung selbst soll jedoch den Umfang dieser Erfindung nicht beschränken. Vielmehr haben die Erfinder in Betracht gezogen, dass der beanspruchte Gegenstand auch auf andere Weise verkörpert sein könnte, um verschiedene Schritte oder Kombinationen von Schritten, die zu den in diesem Dokument beschriebenen ähnlich sind, in Verbindung mit anderen gegenwärtigen oder zukünftigen Technologien einzubeziehen. Darüber hinaus versteht sich, obwohl die Begriffe „Schritt“ und/oder „Block“ hierin verwendet werden können, um verschiedene Elemente von angewandten Verfahren zu bezeichnen, dass die Begriffe nicht so auszulegen sind, dass sie eine bestimmte Reihenfolge unter oder zwischen verschiedenen hierin offenbarten Schritten implizieren, es sei denn, die Reihenfolge der einzelnen Schritte wird explizit beschrieben.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- US 3016201806 [0056]
- US 3016201609 [0056]
- US 16/101232 [0098]

Patentansprüche

1. Verfahren, umfassend:

Berechnen von Umgebungsinformationen, die einer Umgebung eines Ego-Fahrzeugs entsprechen, unter Verwendung von Sensordaten, die von einem oder mehreren Sensoren des Ego-Fahrzeugs erzeugt werden;

Erzeugen, zumindest teilweise auf der Grundlage der Umgebungsinformationen, eines Mappings, das für erste Positionen von einer oder mehreren Fahrspuren in der Umgebung und zweite Positionen von Objekten innerhalb der Fahrspuren repräsentativ ist;

Durchführen einer Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA), zumindest teilweise auf der Grundlage der Umgebungsinformationen, um eine erste Teilmenge der Objekte innerhalb einer Teilmenge der Fahrspuren zu bestimmen;

Bestimmen, zumindest teilweise auf der Grundlage der Umgebungsinformationen, von Klassen, die jedem Objekt der ersten Teilmenge der Objekte zugeordnet sind;

Filtern, zumindest teilweise auf der Grundlage der Klassen, eines oder mehrerer Objekte aus der ersten Teilmenge der Objekte, um eine zweite Teilmenge der Objekte zu bestimmen; und

Übertragen von Daten, die für die zweite Teilmenge der Objekte repräsentativ sind, an einen Objektverfolgungsalgorithmus zum Verfolgen der zweiten Teilmenge der Objekte.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Berechnung unter Verwendung einer oder mehrerer Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) ausgeführt wird und das Herausfiltern unter Verwendung einer oder mehrerer Zentralverarbeitungseinheiten (CPU) ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Umgebungsinformationen mindestens eines von Fahrspurinformationen, Objekterkennungsinformationen oder Objektklassifizierungsinformationen umfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Umgebungsinformationen mindestens Fahrspurinformationen umfassen und wobei die Berechnung der Fahrspurinformationen unter Verwendung eines ersten Deep Neural Network (DNN) ausgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Umgebungsinformationen zumindest Objekterkennungsinformationen umfassen und wobei die Berechnung der Objekterkennungsinformationen unter Verwendung eines zweiten DNN oder eines ersten Computer-Vision-Algorithmus (CVA) ausgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die Umgebungsinformationen zumindest Objektklassifizierungsinformationen umfassen und wobei das Berechnen der Objektklassifizierungsinformationen unter Verwendung des zweiten DNN, eines dritten DNN, des ersten CVA oder eines zweiten CVA ausgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Erzeugen des Mappings zumindest teilweise auf Lokalisierungsinformationen beruht.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Berechnen ferner ein Berechnen von Freirauminformationen umfasst und die Freirauminformationen verwendet werden, um die zweite Teilmenge der Objekte zu bestimmen.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Daten von einem ersten System-on-Chip (SoC) zu einem zweiten SoC übertragen werden.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Teilmenge der Fahrspuren eine Ego-Spur des Ego-Fahrzeugs, eine an die Ego-Spur angrenzende linke Fahrspur und eine an die Ego-Spur angrenzende rechte Fahrspur umfasst.

11. System, umfassend:
einen oder mehrere Sensoren eines Ego-Fahrzeugs;
einen oder mehrere Prozessoren; und
eine oder mehrere Speichervorrichtungen, die Anweisungen speichern, die, wenn sie von dem einen oder den mehreren Prozessoren ausgeführt werden, den einen oder die mehreren Prozessoren veranlassen, Operationen auszuführen, die umfassen:

Berechnen von Fahrspurinformationen und Objekterkennungsinformationen unter Verwendung von Sensordaten, die von dem einen oder den mehreren Sensoren des Ego-Fahrzeugs erzeugt werden;

Lokalisieren von Objekten auf Fahrspuren zumindest teilweise auf der Grundlage der Fahrspurinformationen und der Objekterkennungsinformationen, um ein Mapping zu erzeugen;

Bestimmen einer Teilmenge der Objekte innerhalb einer Teilmenge der Fahrspuren zumindest teilweise auf der Grundlage des Mappings und eines Fahrspurpositionskriteriums; und

Übertragen von Daten, die für die Teilmenge der Objekte repräsentativ sind, an einen Objektverfolgungsalgorithmus zum Verfolgen der zweiten Teilmenge der Objekte.

12. System nach Anspruch 11, wobei die Berechnung unter Verwendung einer oder mehrerer

Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs) ausgeführt wird und die Bestimmung und die Lokalisierung unter Verwendung einer oder mehrerer Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) ausgeführt werden.

13. System nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Bestimmung der Teilmenge der Objekte zumindest teilweise auf einer Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA) beruht.

14. System nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Berechnen ferner ein Berechnen von Freirauminformationen umfasst und die Freirauminformationen zur Bestimmung der Teilmenge der Objekte verwendet werden.

15. System nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Daten von einem ersten System-on-Chip (SoC) zu einem zweiten SoC übertragen werden.

16. System nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei die Teilmenge der Fahrspuren eine Ego-Spur des Ego-Fahrzeugs, eine an die Ego-Spur angrenzende linke Fahrspur und eine an die Ego-Spur angrenzende rechte Fahrspur umfasst.

17. System nach einem der Ansprüche 11 bis 16, ferner umfassend:
Bestimmen einer oder mehrerer Klassen, die einem oder mehreren der Objekte zugeordnet sind, zumindest teilweise auf der Grundlage der berechneten Objektklassifizierungsinformationen, wobei die Bestimmung der Teilmenge der Objekte zumindest teilweise auf der einen oder den mehreren Klassen basiert.

18. Verfahren, umfassend:
Verarbeiten von Sensordaten, die von einem oder mehreren Sensoren eines Ego-Fahrzeugs erzeugt wurden, unter Verwendung einer oder mehrerer Grafikverarbeitungseinheiten (GPUs);
Berechnen, unter Verwendung der einen oder der mehreren GPUs und zumindest teilweise basierend auf der Verarbeitung, erster Daten, die Fahrspurpositionsinformationen und Objektpositionsinformationen entsprechen, die einer Umgebung des Ego-Fahrzeugs entsprechen;
Erzeugen, unter Verwendung einer oder mehrerer Zentralverarbeitungseinheiten (CPUs) und zumindest teilweise auf der Grundlage der ersten Daten, eines Mappings, das erste Positionen von Fahrspuren und zweite Positionen von Objekten innerhalb der Fahrspuren repräsentiert;
Bestimmen einer Teilmenge von Objekten innerhalb einer Ego-Spur und einer oder mehrerer an die Ego-Spur angrenzender Spuren unter Verwendung der einen oder der mehreren CPUs und zumindest teilweise auf der Grundlage zweiter Daten, die für das Mapping repräsentativ sind; und

Übertragen dritter Daten, die für die Teilmenge der Objekte repräsentativ sind, an einen Objektverfolgungsalgorithmus, der unter Verwendung der einen oder der mehreren GPUs oder der einen oder der mehreren CPUs ausgeführt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Daten von einem ersten System-on-Chip (SoC) zu einem zweiten SoC übertragen werden.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Verarbeitung der Sensordaten unter Verwendung einer oder mehrerer Parallelverarbeitungseinheiten durchgeführt wird.

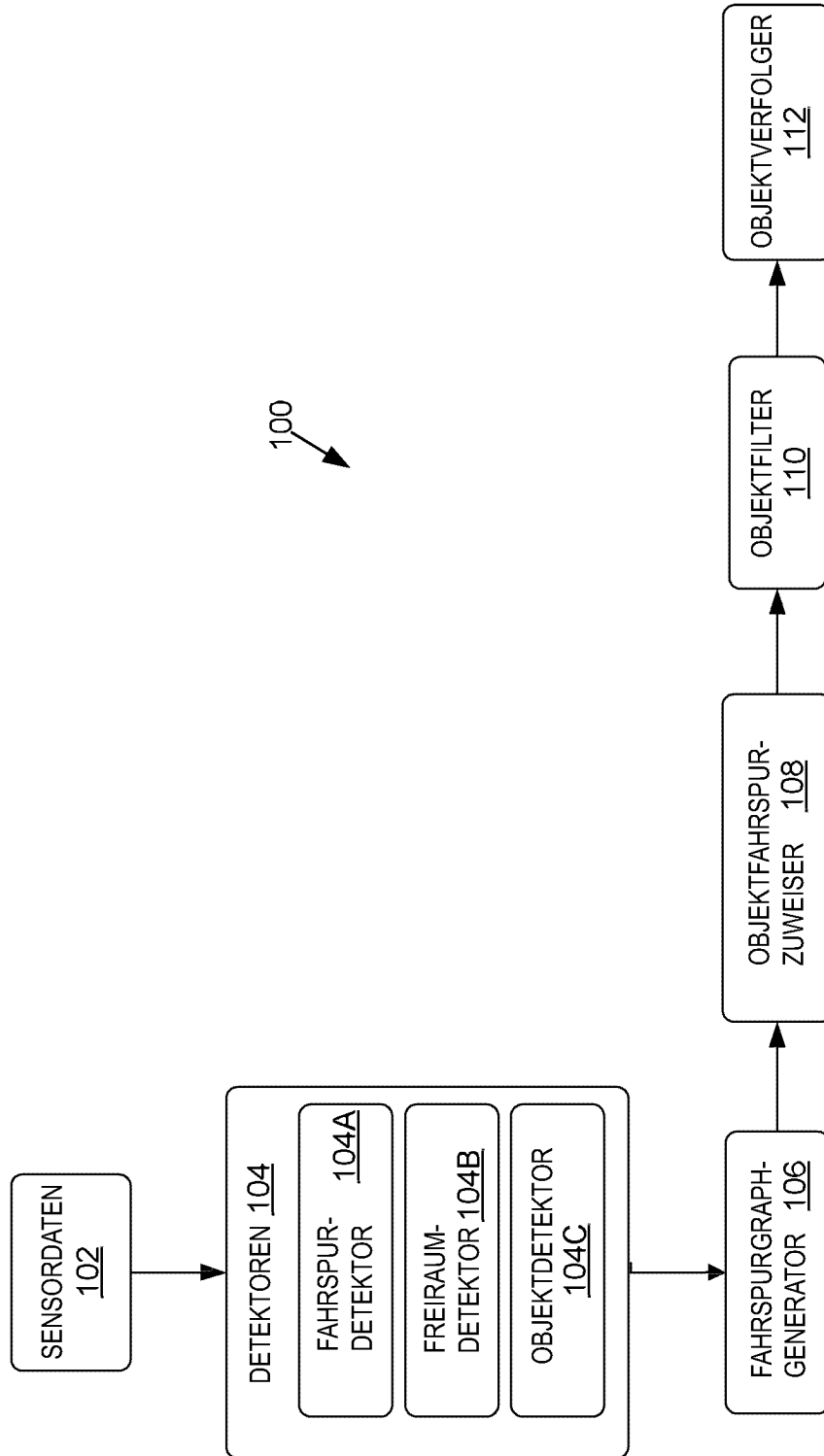
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, ferner umfassend:
Bestimmen einer oder mehrerer Klassen, die einem oder mehreren der Objekte zugeordnet sind, zumindest teilweise auf der Grundlage der berechneten Objektklassifizierungsinformationen, wobei die Bestimmung der Teilmenge der Objekte zumindest teilweise auf der einen oder den mehreren Klassen basiert.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei die ersten Daten ferner für Freirauminformationen repräsentativ sind und die Freirauminformationen zur Bestimmung der Teilmenge der Objekte verwendet werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22, wobei die Bestimmung der Teilmenge der Objekte unter Verwendung einer Objekt-in-Pfad-Analyse (OIPA) durchgeführt wird.

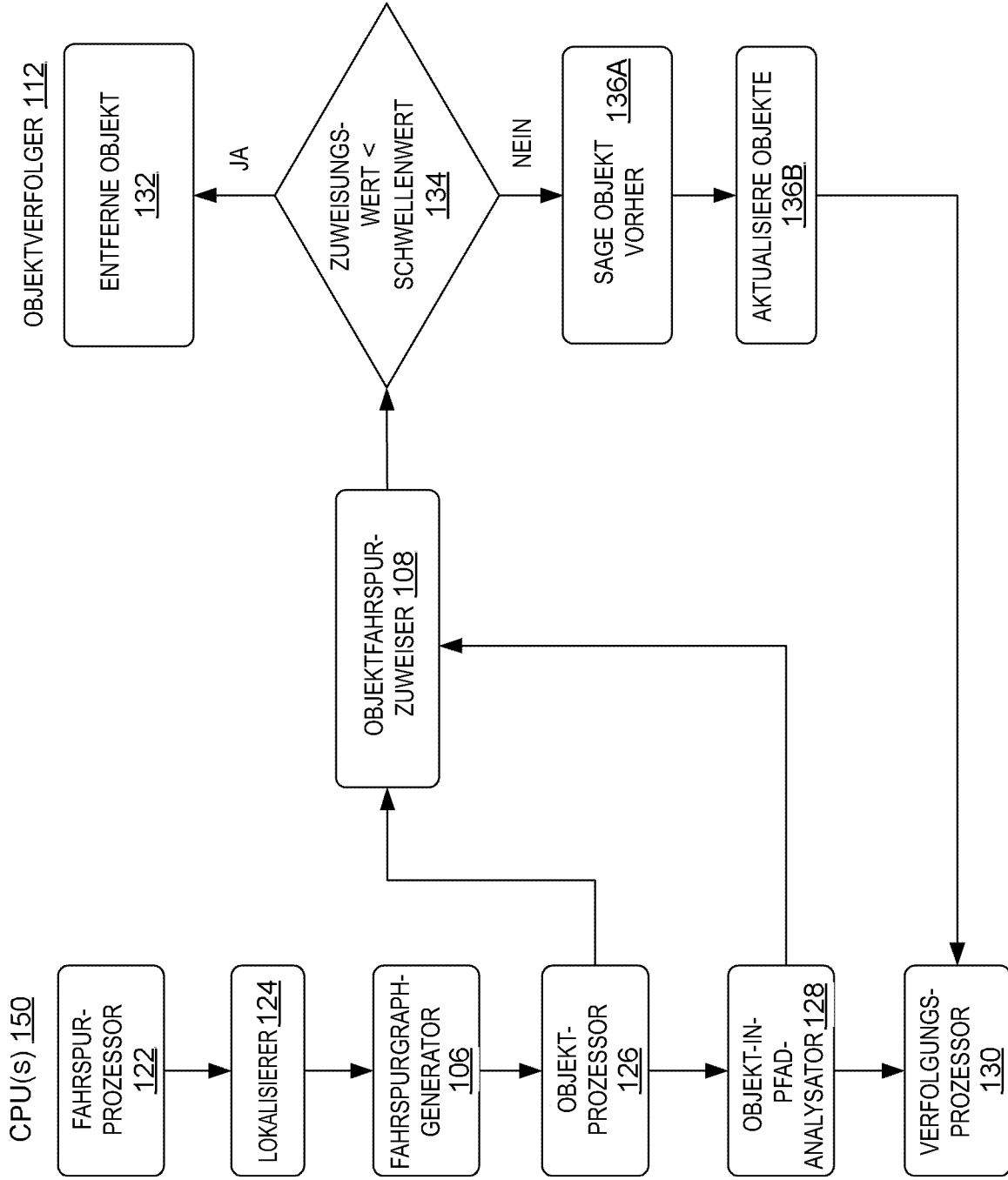
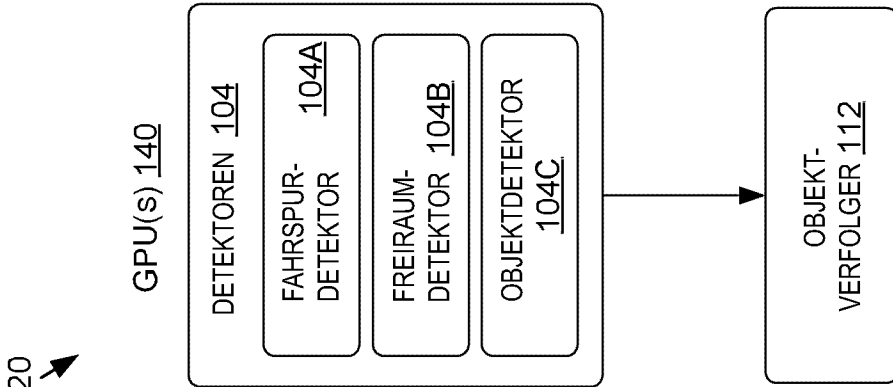
Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



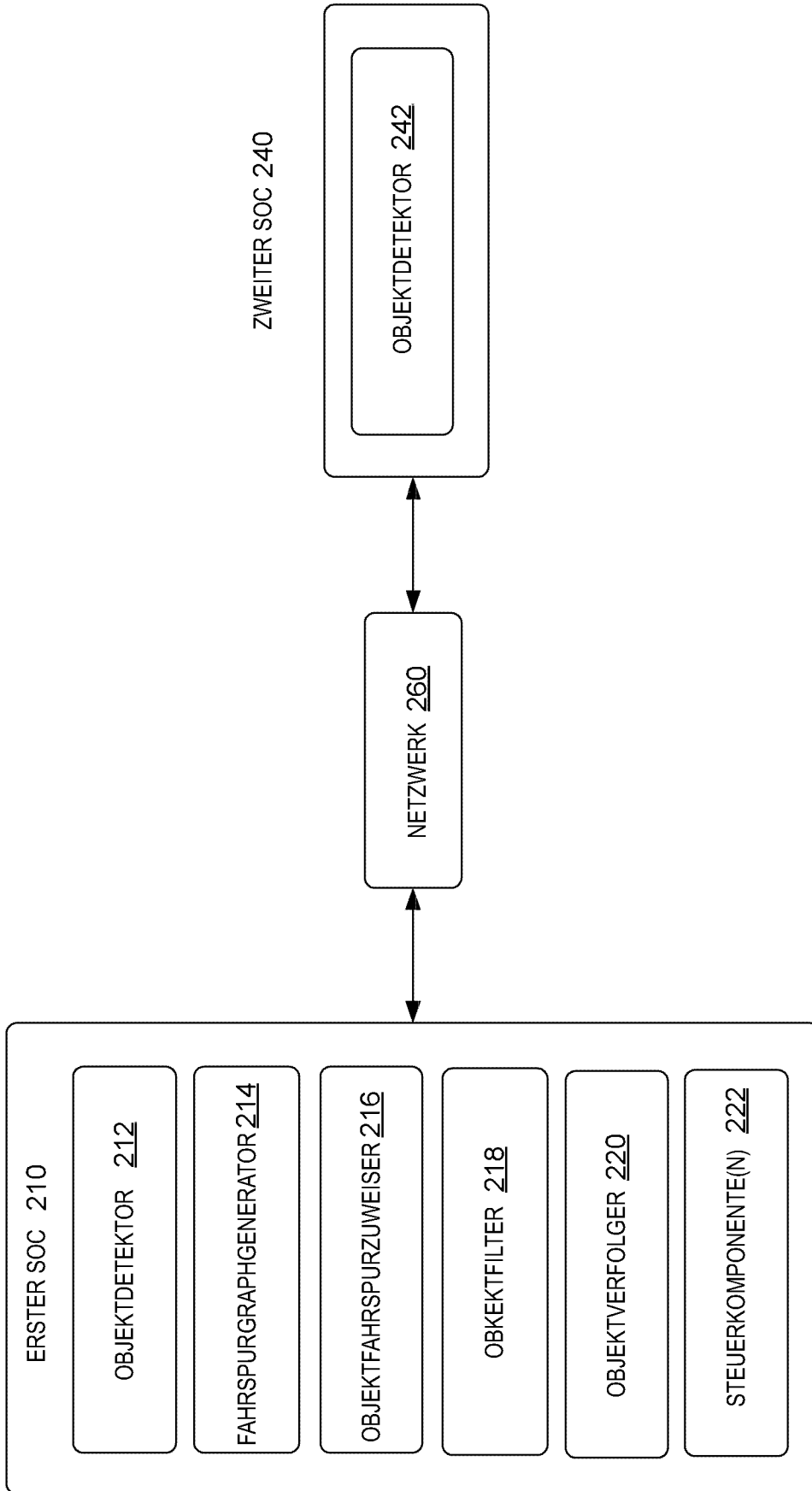
FIGUR 1A

120 ↗



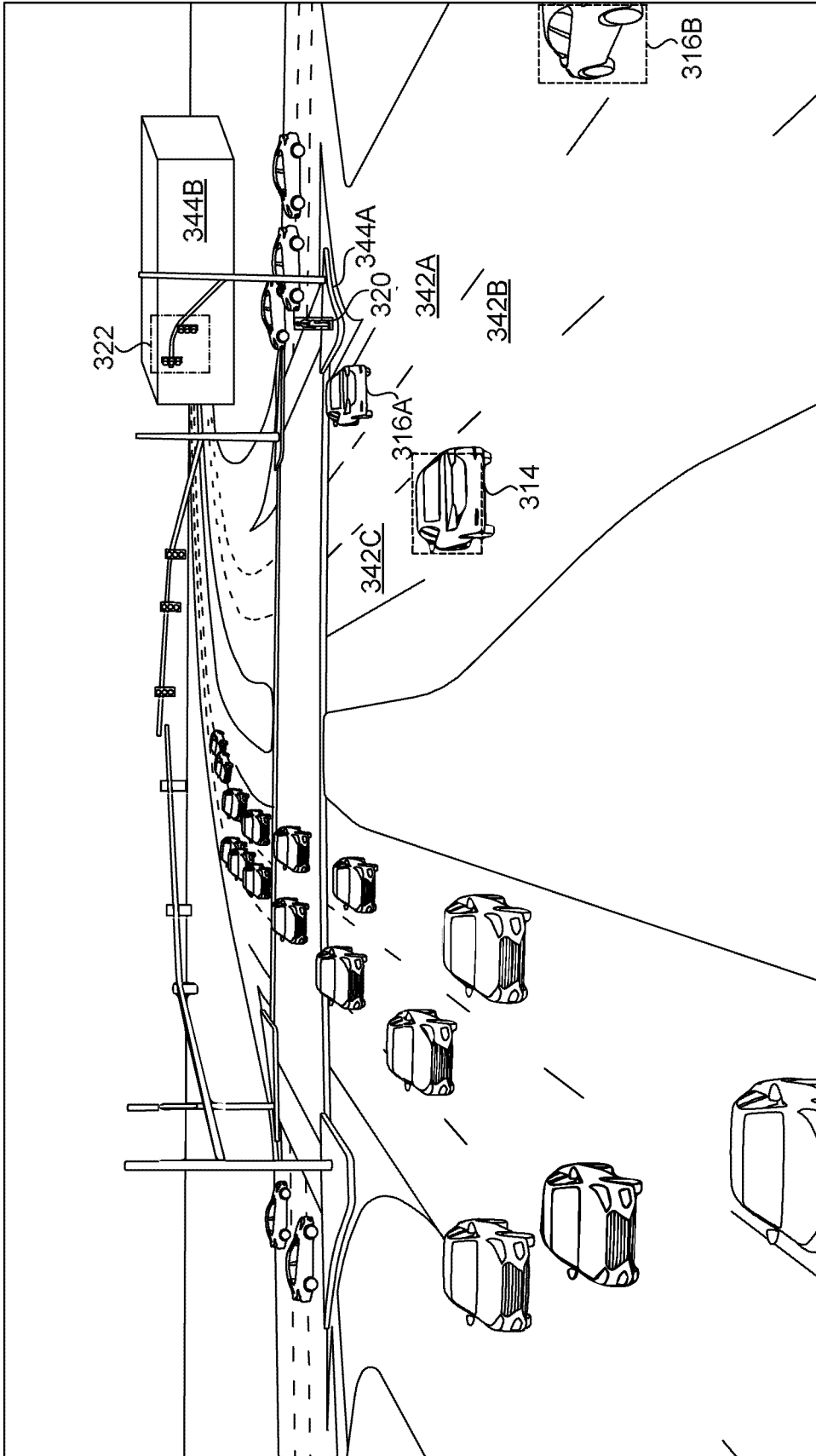
FIGUR 1B

200 ↘



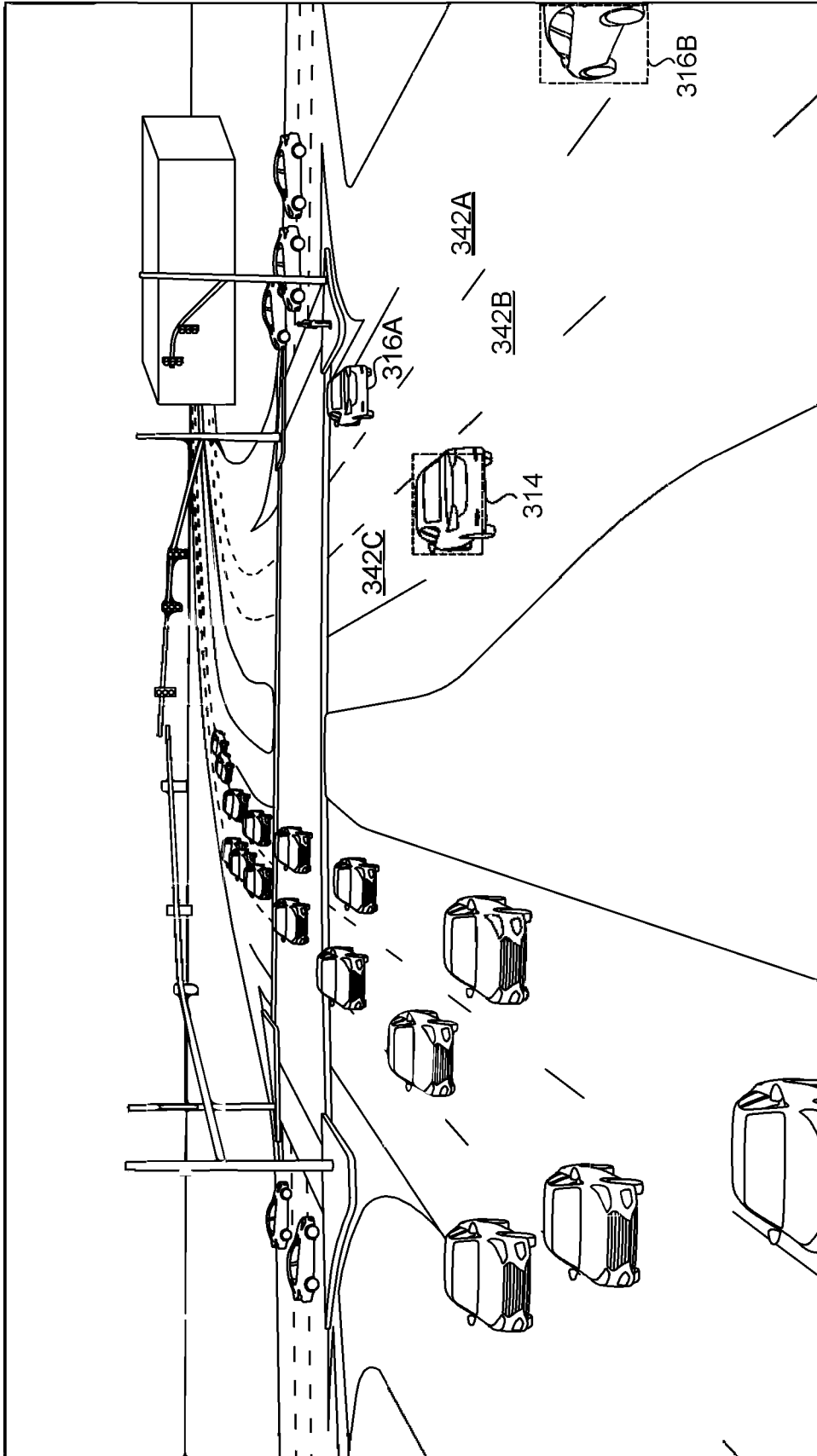
FIGUR 2

300 ↗

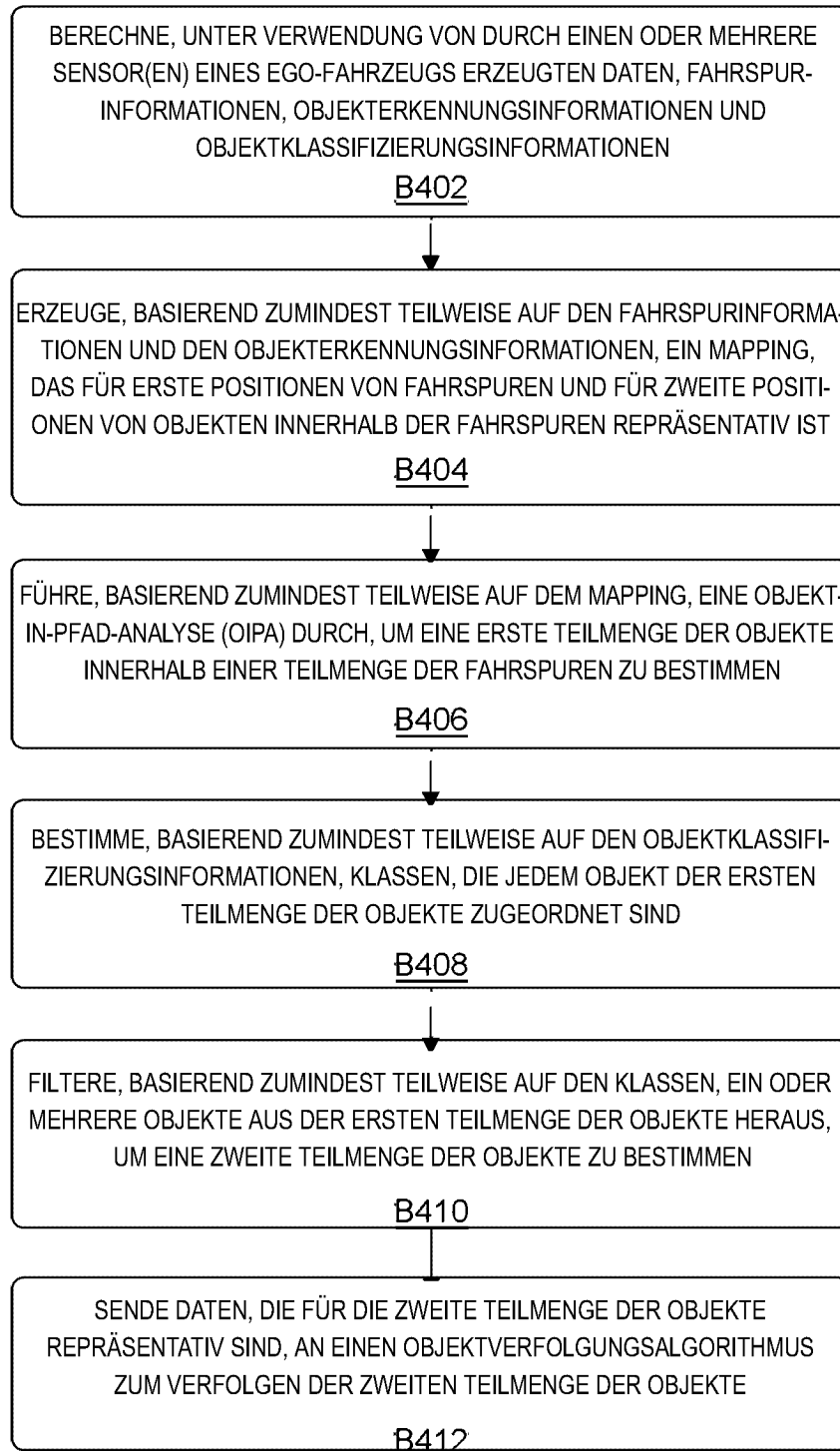


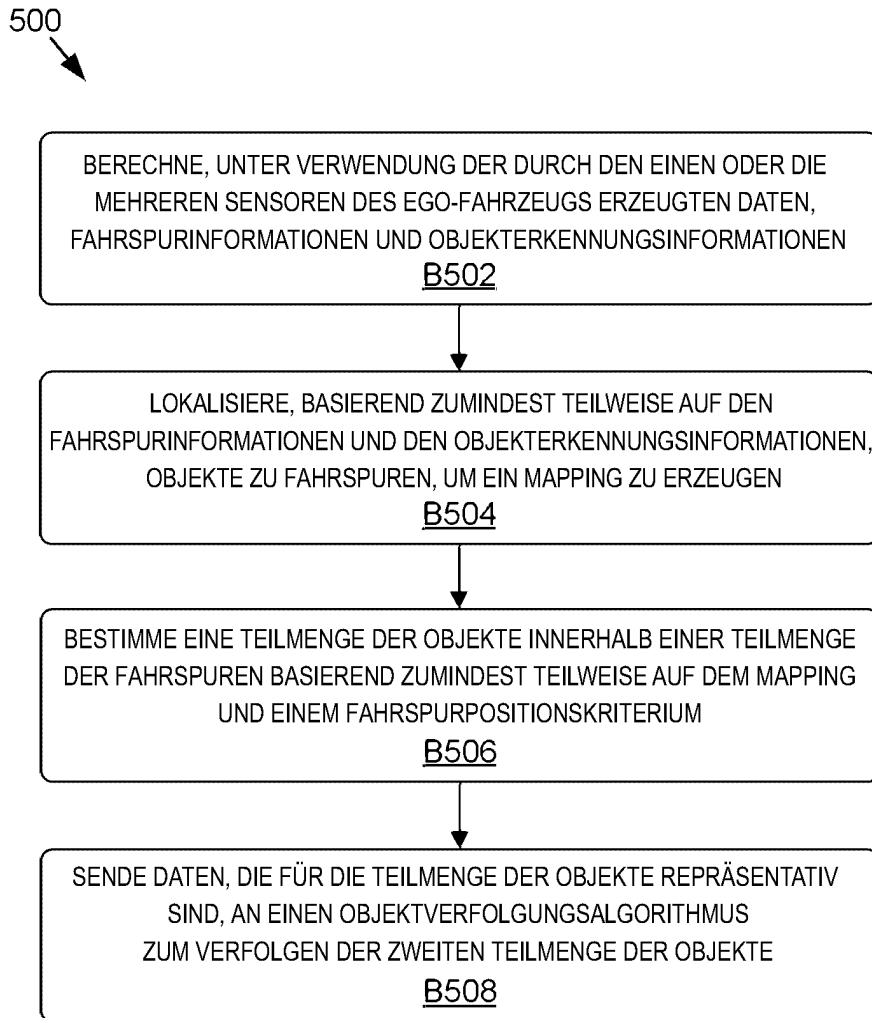
FIGUR 3B

300 ↗

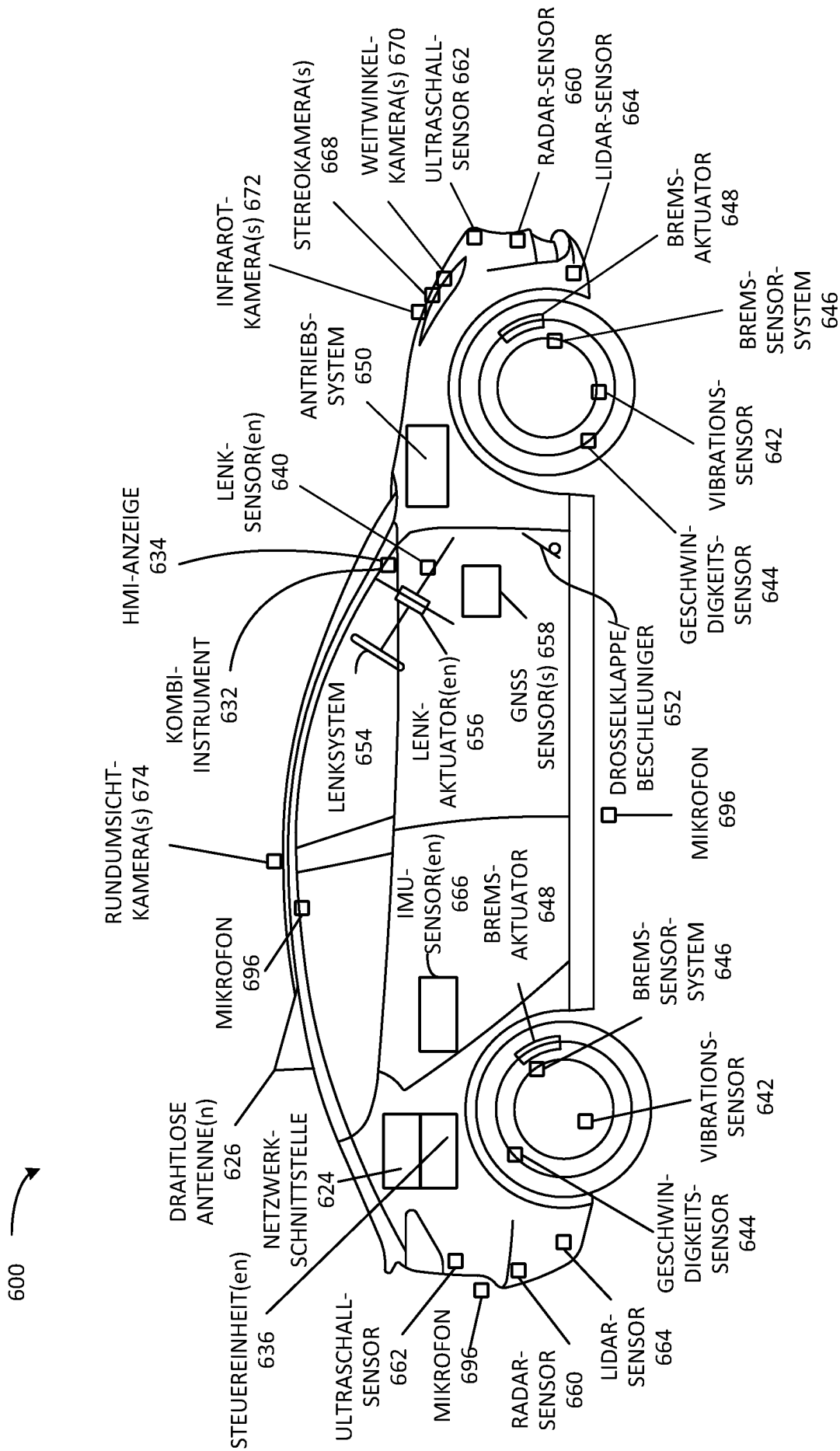


FIGUR 3C

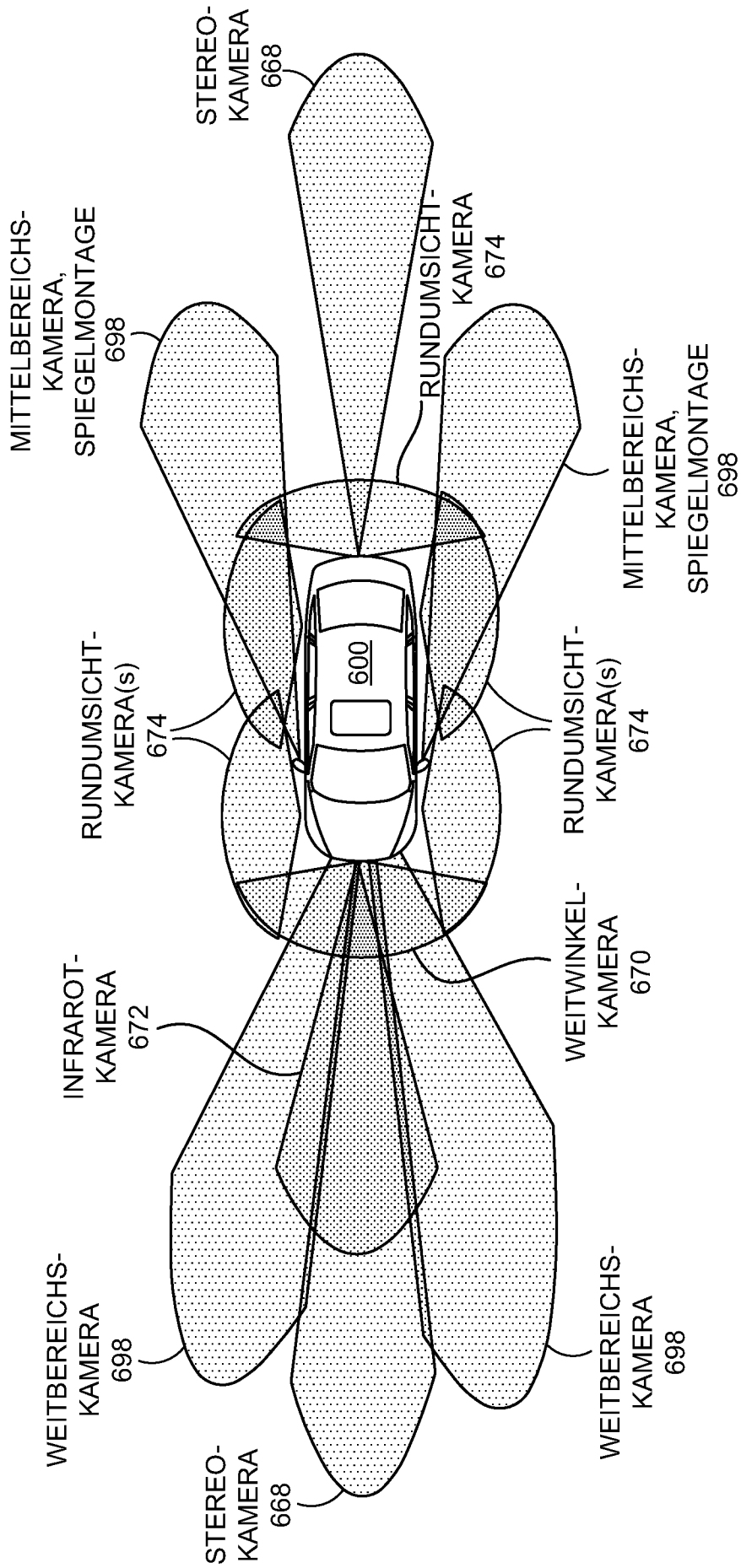
400
↓**FIGUR 4**



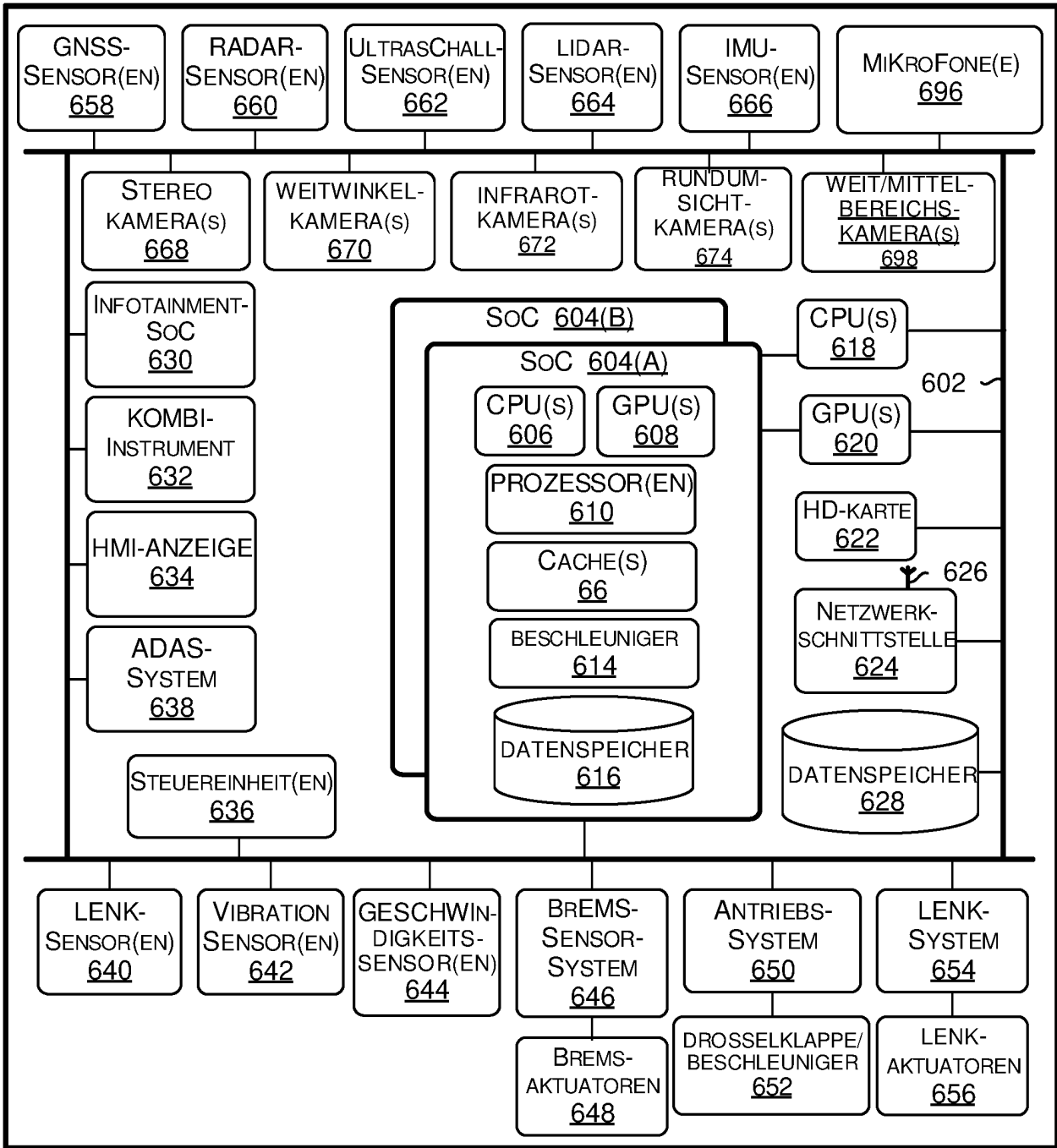
FIGUR 5



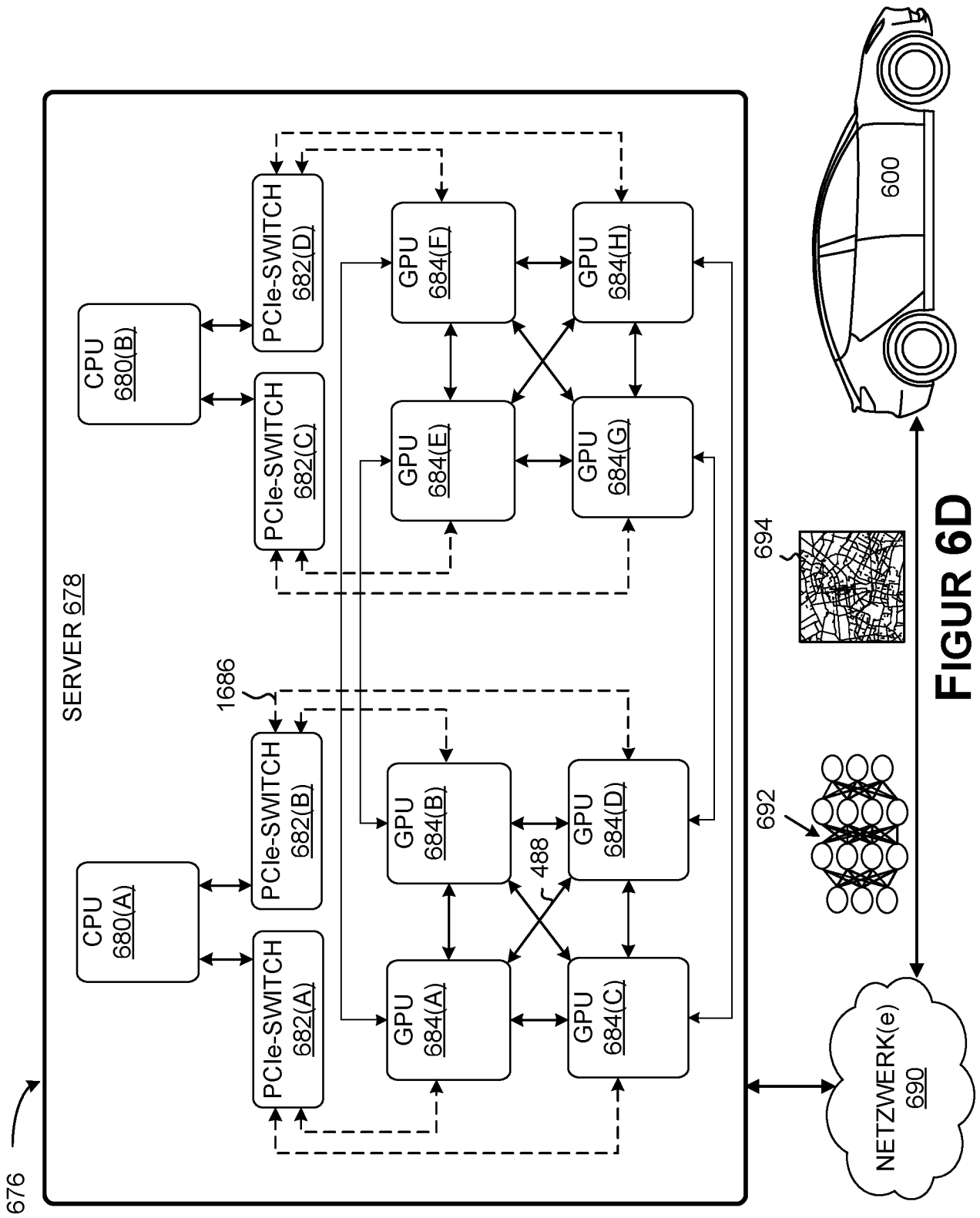
FIGUR 6A



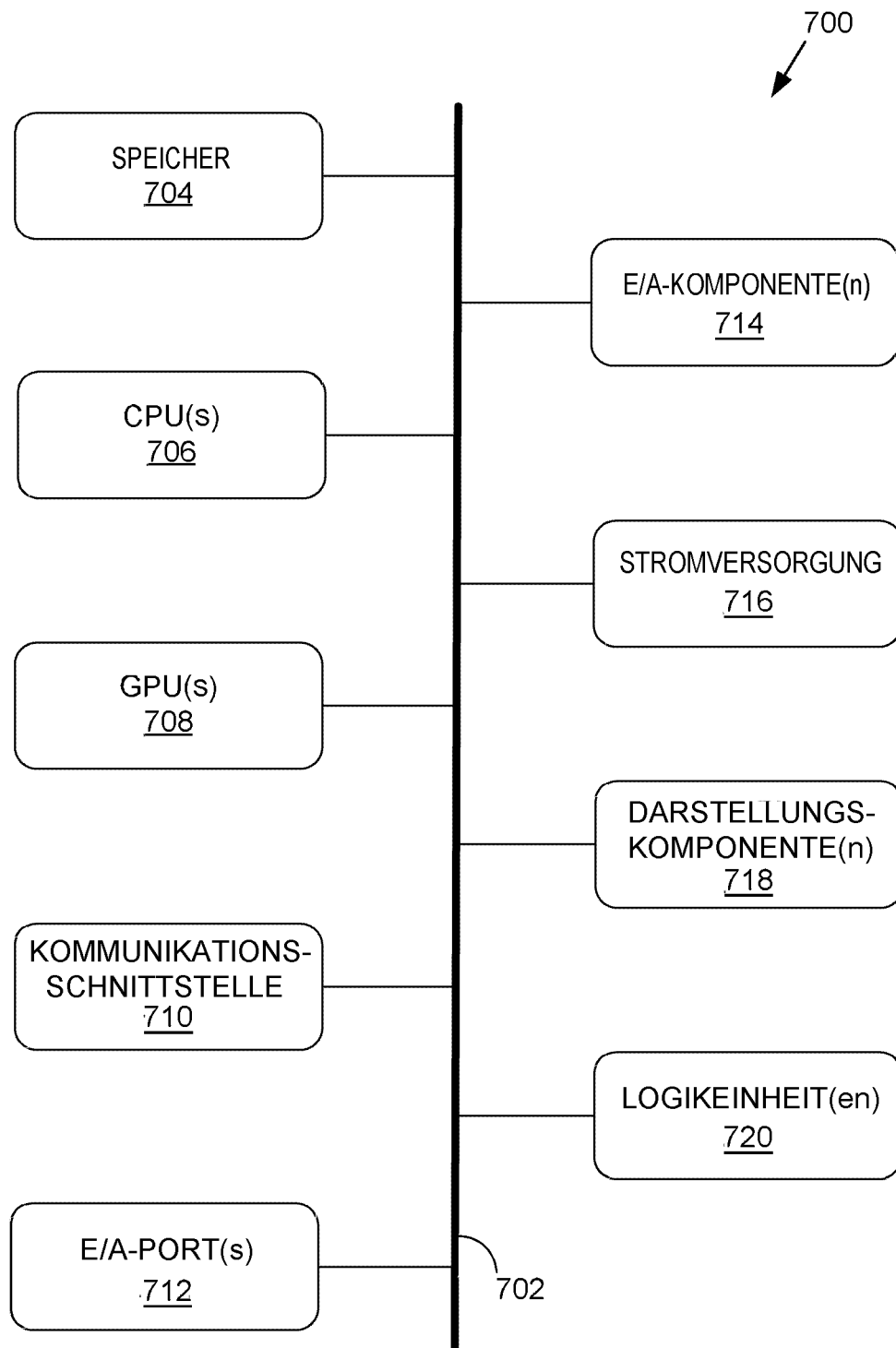
FIGUR 6B



FIGUR 6C

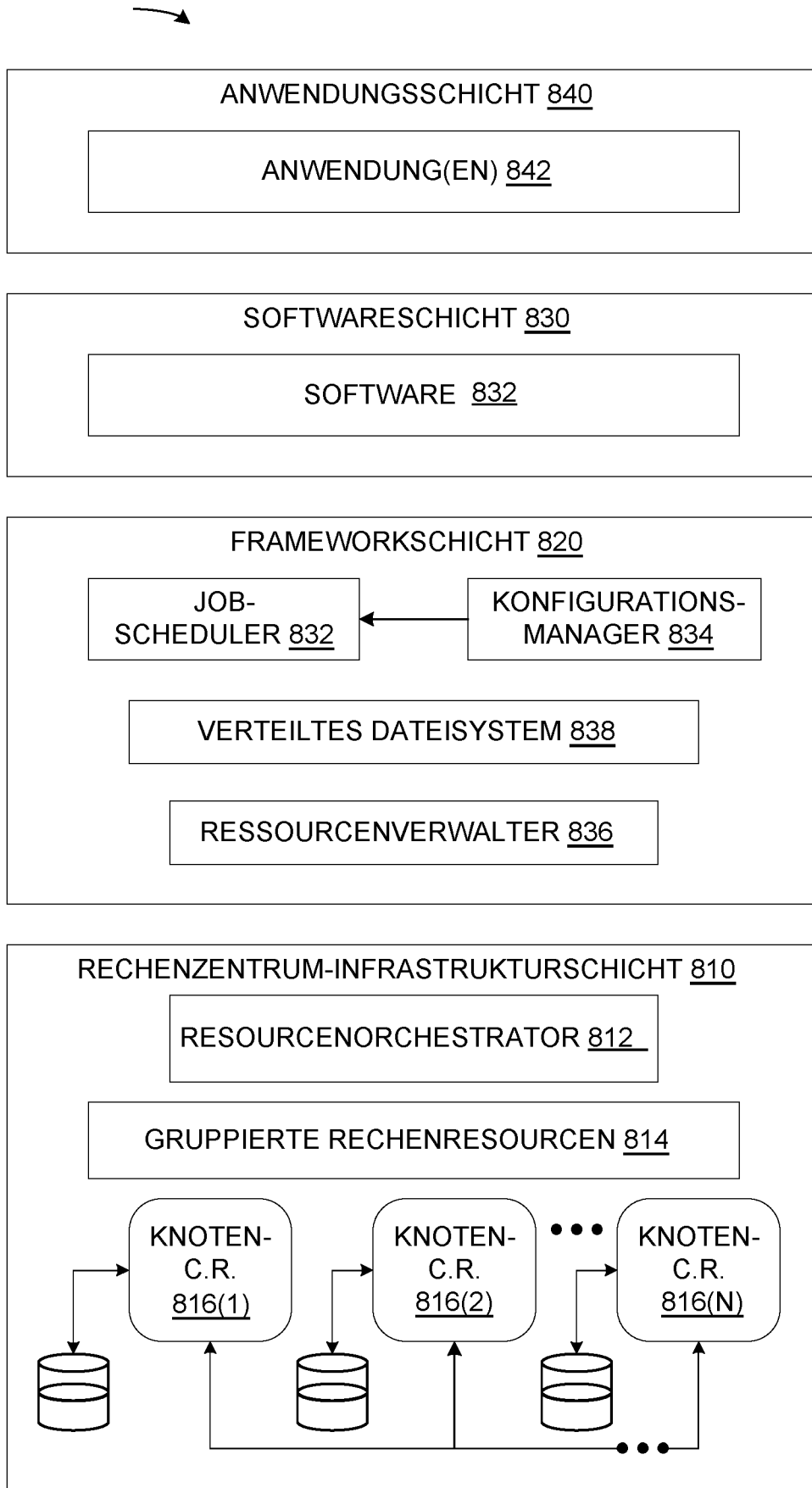


FIGUR 6D



FIGUR 7

800



FIGUR 8