



(10) **DE 10 2019 204 248 A1** 2019.10.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 204 248.1**

(22) Anmeldetag: **27.03.2019**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2019**

(51) Int Cl.: **G06T 15/00 (2011.01)**
G06T 13/60 (2011.01)

(30) Unionspriorität:
15/938,526 **28.03.2018** **US**

(72) Erfinder:
Ren, Liu, Cupertino, CA, US; Zou, Lincan, San Jose, CA, US; Dai, Zeng, Santa Clara, CA, US

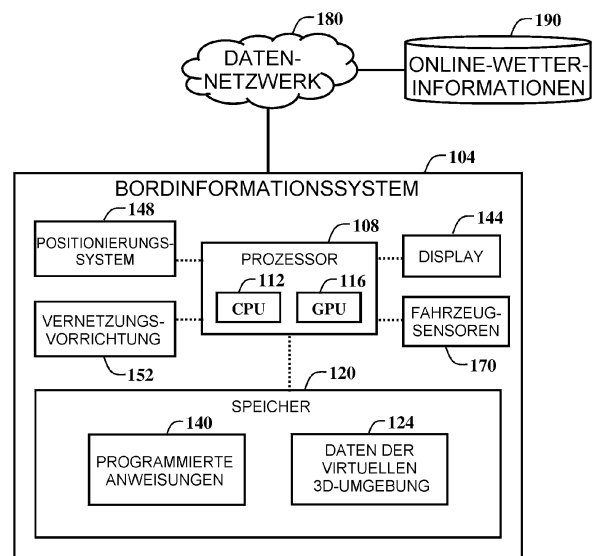
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEM ZUM EFFIZIENTEN RENDERN VON 3D-PARTIKELSYSTEMEN FÜR WETTEREFFEKTE**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Erzeugen von Grafiken einer virtuellen dreidimensionalen (3D) Umgebung weist Folgendes auf: das Empfangen mit einem Prozessor einer ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und einer ersten Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung; das Empfangen mit dem Prozessor von Wetterdaten, die erste Niederschlagsinformationen aufweisen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung entspricht; das Definieren mit dem Prozessor einer Begrenzungsgeometrie einer ersten Position, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung ist, wobei die Begrenzungsgeometrie bemessen ist, um ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung deckt; und das Rendern mit dem Prozessor eines 3D-Partikelsystems in der virtuellen 3D-Umgebung, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen.



Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Diese Offenbarung betrifft im Allgemeinen das Gebiet der Fahrerinformationen und der Fahrerunterstützungssysteme (auch als Bordinformationssysteme bekannt) und genauer genommen Systeme und Verfahren, die grafische Anzeigen zu einem Fahrzeugbediener für Mapping- und Navigationsapplikationen bereitstellen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Außer, wenn es hierin anders angegeben ist, sind die Materialien, die in diesem Abschnitt beschrieben sind, nicht Stand der Technik zu den Ansprüchen in dieser Anmeldung und werden nicht in den Stand der Technik durch Einschluss in diesen Abschnitt zugelassen.

[0003] Moderne Kraftfahrzeuge weisen oft ein oder mehrere Fahrerinformations- und Fahrerunterstützungssysteme (unten Bordinformationssysteme genannt) auf, die eine umfassende Vielfalt an Informationen und Unterhaltungsoptionen für Insassen in dem Fahrzeug bereitstellen. Herkömmliche Dienste, die durch die Bordinformationssysteme bereitgestellt werden, weisen, ohne darauf beschränkt zu sein, Fahrzeugzustands- und Diagnoseinformationen, Mapping- und Navigationsapplikationen, Freihandtelefonie, Rundfunk- und Musikwiedergabe sowie Verkehrsbedingungswarnungen auf. Bordinformationssysteme weisen oft mehrere Eingabe- und Ausgabevorrichtungen auf. Herkömmliche Knöpfe und Steuerknäufe, die verwendet werden, um Radios und Audiosysteme zu bedienen, werden gewöhnlich in Bordinformationssystemen verwendet. Jüngere Formen von Fahrzeugeingabe weisen Touchscreen-Eingabevorrichtungen auf, die Eingabe und Anzeige in einem einzigen Bildschirm kombinieren, sowie sprachaktivierte Funktionen, bei welchen das Bordinformationssystem auf Sprachbefehle reagiert. Beispiele von Ausgabesystemen weisen mechanische Messinstrumente, Ausgabeanzeige panele, wie Flüssigkristallanzeige- (Liquid Crystal Display - LCD) -Panel und Audioausgabevorrichtungen, die synthetisierte Sprache erzeugen, auf

[0004] Dreidimensionale (3D) Grafikverfahren wurden häufig in unterschiedlichen Fahrerunterstützungs- und Fahrerinformationsapplikationen verwendet. Ein typisches Beispiel sind Navigationssysteme, die auf 3D-Karten basieren. Verglichen mit herkömmlichen zweidimensionalen (2D) Karten werden 3D-Karten als für leichte Fahrerorientierung und schnelle Ortserkennung als hilfreicher betrachtet. Fotorealistische 3D-Mapping- und Navigationsdienste werden zum Beispiel von mehreren Online- und Offlinediensten, darunter Dienste, die von Apple, Goog-

le und Nokia angeboten werden, bereitgestellt. Moderne 3D-Grafiken können einen umfangreichen Bereich hoch realistischer grafischer Effekte erzeugen. In dem Kontext der 3D-Mapping- und Navigationsapplikationen kann ein grafisches Anzeigesystem Referenzpunkte, wie geographische Merkmale, Straßen, Gebäude und andere Referenzpunkte mit viel Details erzeugen. Des Weiteren können einige 3D-Mapping-Systeme grafische Effekte anwenden, die die Wetter- und Beleuchtungszustände in der virtuellen 3D-Umgebung abbilden, die den tatsächlichen Wetterbedingungen in dem realen geographischen Bereich, der in der Mapping-Applikation wiedergegeben wird, entsprechen. 3D-Grafiksysteme können zum Beispiel grafische Renderings von Niederschlag basierend auf den aktuellen Wetterbedingungen in einer geographischen Region erzeugen.

[0005] Obwohl moderne 3D-Grafikhardware und -software fähig ist, einen weiten Bereich von Grafiken wiederzugeben, erfordert das Erzeugen grafischer Effekte, wie Niederschlag, typischerweise substantielle Hardware-Ausführungsressourcen, um die grafischen Effekte mit einer vernünftigen Renderinggeschwindigkeit für den Gebrauch einer 3D-Mapping-Applikationen zu erzeugen. Moderne Verarbeitungsvorrichtungen, die Grafik- Verarbeitungseinheiten (Graphics Processing Units - GPUs) aufweisen, die komplexes grafisches Rendern realistischen Niederschlags ausführen, existieren, aber vielen Hardwareplattformen, die grafische Systeme aufweisen, die in Kraftfahrzeuge integriert sind und denjenigen der billigen mobilen elektronischen Vorrichtungen, kann es an der erforderlichen Hardware zum Erzeugen realistischer grafischer Abbildungen von Niederschlag mangeln. Des Weiteren können sogar einige mobile elektronische Vorrichtungen, die jetzt in zunehmendem Maße leistungsfähige Grafikhardware aufweisen, eine unerwünscht große Menge an Strom verbrauchen, um die Grafiken zu erzeugen, was oft in einer entleerten Batterie resultiert, was für den Gebrauch einer Mapping- und Navigationsapplikation beim Fahren kontraproduktiv sein kann. Verbesserungen an Verfahren und Systemen zum Erzeugen grafischer Renderings von Niederschlag in einer virtuellen 3D-Umgebung in einer rechnerisch effizienten Art zu erzeugen, wären folglich günstig.

KURZDARSTELLUNG

[0006] Ein Verfahren zum Erzeugen von Grafiken einer virtuellen dreidimensionalen (3D) Umgebung wird offenbart. Das Verfahren umfasst: das Empfangen mit einem Prozessor einer ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und einer ersten Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung; das Empfangen mit dem Prozessor von Wetterdaten, die erste Niederschlagsinformationen aufweisen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung

entspricht; das Definieren mit dem Prozessor einer Begrenzungsgeometrie einer ersten Position, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition in der ersten Blickrichtung ist, wobei die Begrenzungsgeometrie derart bemessen ist, dass sie ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung deckt; und das Rendern mit dem Prozessor eines 3D-Partikelsystems in der virtuellen 3D-Umgebung, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen.

[0007] Ein System zum Erzeugen von Grafiken einer virtuellen dreidimensionalen (3D-Umgebung) wird offenbart. Das System umfasst: eine Anzeigevorrichtung, die konfiguriert ist, um die Grafiken der virtuellen 3D-Umgebung anzuzeigen; eine Vernetzungsvorrichtung; einen Speicher, der konfiguriert ist, um programmierte Anweisungen zu speichern; und einen Prozessor, der betrieblich mit der Anzeigevorrichtung der drahtlosen Vernetzungsvorrichtung und dem Speicher verbunden ist. Der Prozessor ist konfiguriert, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um: eine erste Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und eine erste Blickrichtung in der 3D-Umgebung zu empfangen; über die Vernetzungsvorrichtung Wetterdaten einschließlich erster Niederschlagsinformationen zu empfangen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung entspricht; eine Begrenzungsgeometrie an erster Position zu definieren, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung ist, wobei die Begrenzungsgeometrie derart bemessen ist, dass sie ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung deckt; und ein 3D-Partikelsystem in der virtuellen 3D-Umgebung zu rendern, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen.

Figurenliste

[0008] Die vorhergehenden Aspekte und andere Merkmale des Verfahrens und des Systems werden in der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm eines Bordinformationssystems, das konfiguriert ist, um eine grafische Anzeige einer virtuellen 3D-Umgebung zu erzeugen, die eine Darstellung von Niederschlag aufweist, die aktuelle Wetterbedingungen in einer geographischen Lage der realen Welt wiedergibt.

Fig. 2 zeigt ein Verfahren zum Rendern von 3D-Partikelsystemen, die Niederschlag oder andere ähnliche Wettereffekte in einer virtuellen 3D-Um-

gebung auf eine rechnerisch effiziente Art abbilden.

Fig. 3 zeigt eine beispielhafte Begrenzungsgeometrie, die bezüglich einer virtuellen Kamera definiert ist.

Fig. 4 zeigt ein beispielhaftes Rendern eines 3D-Partikelsystems nur innerhalb der definierten Begrenzungsgeometrie.

Fig. 5 zeigt ein Verfahren, das eine Fortsetzung des Verfahrens der **Fig. 2** ist, um das 3D-Partikelsystem zu aktualisieren, während die Kameraposition oder die Blickrichtung gewechselt wird.

Fig. 6 zeigt eine beispielhafte Bewegung der ursprünglichen Begrenzungsgeometrie und Aktualisierung zu dem 3D-Partikelsystem.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0009] Zum Zweck der Förderung eines Verständnisses der Prinzipien der Offenbarung wird nun auf die in den Zeichnungen veranschaulichten und in der folgenden schriftlichen Spezifikation beschriebenen Ausführungsformen Bezug genommen. Es versteht sich, dass dadurch keine Beschränkung des Schutzbereichs der Offenbarung beabsichtigt wird. Es versteht sich weiter, dass die vorliegende Offenbarung jegliche Abwandlungen und Modifikationen an den veranschaulichten Ausführungsformen aufweist und weitere Anwendungen der Prinzipien der Offenbarung beinhaltet, wie sie einem Fachmann des technischen Gebiets, zu welchem diese Offenbarung gehört, normalerweise geläufig wären.

Bordinformationssystem

[0010] **Fig. 1** bildet ein System **100** ab, das ein Bordinformationssystem **104** (das hier auch ein „grafisches Abbildungssystem“ genannt werden kann) aufweist, das eine grafische Anzeige einer virtuellen 3D-Umgebung erzeugt, die eine Darstellung von Niederschlag aufweist, die aktuelle Wetterbedingungen in einer geographischen Lage der realen Welt auf eine rechnerisch effiziente Art wiedergibt. Das Bordinformationssystem **104** weist einen Prozessor **108**, einen Speicher **120**, eine Anzeige **114**, ein optionales Positionierungssystem **148** und eine optionale Vernetzungsvorrichtung **152** auf. Hardware-Ausführungsformen des Bordsystems **104** weisen, ohne darauf beschränkt zu sein, Personal-Computer-(PC)-Hardware, eingebettete Systemhardware, einschließlich eingebetteter Rechenhardware für den Gebrauch in einem Kraftfahrzeug sowie mobile elektronische Vorrichtungen, einschließlich Smartphone und Tablet-Rechenvorrichtungen auf. In dem System **100** verbindet ein drahtloses Datennetzwerk **108** das Bordinformationssystem **104** mit einer oder mehreren Online-Wetterinformationsquellen **190**.

[0011] In dem Bordinformationssystem **104** weist der Prozessor **108** eine oder mehrere integrierte Schaltungen auf, die die Funktionalität einer Zentraleinheit (Central Processing Unit - CPU) **112** und Grafikverarbeitungseinheit (Graphics Processing Unit - GPU) **116** umsetzen. Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor ein System auf einem Chip (SoC), das die Funktionalität der CPU **112** und GPU **116** integriert, und optional andere Bauelemente, die den Speicher **120**, die Vernetzungsvorrichtung **152** und das Positionierungssystem **148** enthalten, in eine einzige integrierte Vorrichtung, während die CPU **112** und GPU **116** bei anderen Ausführungsformen miteinander über eine periphere Verbindungsvorrichtung, wie PCI Express oder andere zweckdienliche periphere Datenanschlüsse, verbunden sind. Bei einer Ausführungsform ist die CPU **112** eine im Handel erhältliche Zentraleinheitvorrichtung, die einen Anweisungssatz, wie einen der Anweisungssatzfamilien x86, ARM, Power oder MIPS, umsetzt. Die GPU **116** weist Hardware und Software zum Anzeigen von sowohl 2D- als auch 3D-Grafiken auf. Bei einer Ausführungsform führt der Prozessor **108** Softwaretreiber aus und weist Hardwarefunktionalität in der GPU **116** auf, um 3D-Grafiken zu erzeugen, indem zum Beispiel die OpenGL-, OpenGL-ES-, Vulkan- oder Direct3D-Grafik Applikation-Programmierschnittstellen (Graphics Application Programming Interfaces - APIs) verwendet werden. Die GPU **116** weist zum Beispiel eine oder mehrere Hardwareausführungseinheiten auf, die Fragment-Shader, Vertex-Shader und optional Geometrie-Shader, Tessellation-Shader und Rechen-Shader für die Verarbeitung und das Anzeigen von 2D- und 3D-Grafiken umsetzen. Während des Betriebs führen die CPU **112** und die GPU **116** gespeicherte programmierte Anweisungen **140** aus, die aus dem Speicher **120** abgerufen werden. Bei einer Ausführungsform weisen die gespeicherten programmierten Anweisungen **140** Betriebssystemsoftware auf, sowie ein oder mehrere Softwareanwendungsprogramme, die 3D-Grafiken erzeugen, einschließlich Mapping- und Navigationsapplikationen. Die gespeicherten Programmanweisungen **140** weisen Software auf, die den Betrieb der CPU **112** und der GPU **116** steuert, um grafische Abbildungen von Niederschlag basierend auf den hierin beschriebenen Ausführungsformen zu erzeugen.

[0012] Der Prozessor **108** führt das Mapping- und Navigationsprogramm aus und erzeugt grafische 3D-Ausgabe mit grafischen Transformationen, die Kartenmerkmale und Wetterbedingungen, einschließlich Niederschlag, in einer geographischen Region, die außerhalb des Fahrzeugs liegt, auf eine intuitive Art abbildet. Der Prozessor **108** ist mit Software- und Hardwarefunktionalität konfiguriert, indem programmierte Anweisungen in einem oder mehreren Speichern gespeichert sind, die betrieblich mit dem Prozessor **108** verbunden sind, und durch betriebliches Verbinden der Hardwarefunktionalität mit dem Pro-

zessor und/oder anderen elektronischen, elektromechanischen oder mechanischen Bauelementen, um Daten von Sensoren oder Datenquellen bereitzustellen, um es dem Prozessor zu ermöglichen, die Prozesse und Systemausführungsformen, die unten besprochen sind, umzusetzen.

[0013] Der Speicher **120** weist sowohl nichtflüchtigen Speicher als auch flüchtigen Speicher auf. Der nichtflüchtige Speicher weist Festkörperspeicher auf, wie NAND-Flashspeicher, magnetische und optische Speichermedien oder eine beliebige andere zweckdienliche Datenspeichervorrichtung, die Daten behält, wenn das Bordinformationssystem **104** deaktiviert wird oder den Strom verliert. Der flüchtige Speicher weist statischen und dynamischen Direktzugriffsspeicher (Random Access Memory - RAM) auf, der Software und Daten, einschließlich grafischer Daten und Kartenmerkmalsdaten, während des Betriebs des Bordinformationssystems **104** speichert. Bei einigen Ausführungsformen verfügen die GPU **116** und die CPU **112** jeweils über Zugang zu separaten RAM-Vorrichtungen (zum Beispiel einer Variante von DDR SDRAM für die CPU **112** und einer Variante von GDDR, HBM oder anderem RAM für die GPU **116**), während die CPU **112** und die GPU **116** bei anderen Ausführungsformen auf eine gemeinsam verwendete Speichervorrichtung zugreifen. Zusätzlich zu den programmierten Anweisungen **140** speichert der Speicher **120** dreidimensionale virtuelle Umgebungsgrafikdaten **124**. Die Grafikdaten **124** weisen geometrische Modelle, Texturen und andere Daten auf, die der Prozessor **108** verwendet, um dreidimensionale Grafiken einer virtuellen 3D-Umgebung zu erzeugen.

[0014] Das Bordinformationssystem **104** weist eine optionale Vernetzungsvorrichtung **152** auf, die konfiguriert ist, um Wetterdaten von externen Rechensystemen, wie die Online-Wetterinformationsquellen **190**, durch ein Datennetzwerk **180** zu senden und zu empfangen. Beispiele der Vernetzungsvorrichtung **152** weisen verdrahtete Netzwerkadapter, wie Ethernet- und Universal-Serial-Bus-(USB)-Adapter und drahtlose Netzwerkadapter, wie Wireless-Wide-Area-Network-(WWAN)-, 802.11 - oder Bluetooth-Wireless-Wide-Area-Network-(WWAN)-Adapter auf.

[0015] Wie in **Fig. 1** abgebildet, weisen die Online-Wetterinformationsquellen **190** einen beliebigen Online-Dienst auf, der Daten auf eine Art bereitstellt, die durch das Bordinformationssystem **104** durch das Datennetzwerk **180** zugänglich ist. Die Online-Informationsquellen **190** weisen zum Beispiel Live-Wetterdienste auf, die Informationen in Zusammenhang mit dem Wetter in einer geographischen Region um das Fahrzeug, einschließlich Wolkenbedeckung, Wind, Temperatur, Niederschlag und Straßengefahrbedingungen bereitstellen. Eine andere Online-Informationsquelle **190** ist ein Online-Verkehrsdienst,

der Berichte in Zusammenhang mit Verkehrsaufkommen, Unfällen und ernen Verkehrsinformationen erzeugt.

[0016] Das Bordinformationssystem **104** weist eine optionale Positionierungssystemvorrichtung **148** auf, die betrieblich mit dem Prozessor **108** verbunden ist. Beispiele von Positionierungssystemen weisen Global-Positioning-System-(GPS)-Empfänger, die ein oder mehrere Satellitennavigationssysteme verwenden, Funktriangulationsempfänger, die einen Ort des Bordinformationssystem **104** bezüglich stationärer drahtloser Sender identifizieren, und Trägheitsnavigationssysteme auf. Während des Betriebs führt der Prozessor **108** Mapping- und Navigationsoftwareapplikationen aus, die Lageinformationen von dem Positionierungssystem **148** abrufen, um eine geographische Lage des Bordinformationssystems **104** zu identifizieren und die Anzeige der virtuellen Umgebung einzustellen, so dass sie der Lage des Bordinformationssystems **104** entspricht. Bei Navigationsapplikationen identifiziert der Prozessor **108** die Lage und Bewegung des Bordinformationssystems **104** für die Erzeugung von Routen zu ausgewählten Zielen und zur Anzeige der Routen in der virtuellen 3D-Umgebung.

[0017] Während des Betriebs empfängt der Prozessor **108** Wetterinformationen, die der Umgebung um das Fahrzeug entsprechen, von mehreren Quellen. Bei der Ausführungsform der **Fig. 1** weisen die Quellen die Fahrzeugsensoren **170**, Online-Wetterinformationsquellen **190** und das Positionierungssystem **148** auf. Der Prozessor **108** verwendet einige Umgebungsdaten indirekt. Das Positionierungssystem **148** stellt zum Beispiel Daten in Zusammenhang mit der Lage des Fahrzeugs bereit, und der Prozessor **108** verwendet die Positionsdaten als Teil einer Abfrage zu einer Online-Informationsquelle **190**, um zum Beispiel das Wetter in der Region um das Fahrzeug oder in einer anderen Region entlang der Route des Fahrzeugs, auf der das Fahrzeug in der Zukunft fahren wird, zu identifizieren.

[0018] Bei dem Bordinformationssystem **104** ist das Display **144** entweder eine integrierte Anzeigevorrichtung, wie ein LCD oder eine andere visuelle Anzeigevorrichtung, die in ein Gehäuse des Bordinformationssystems **104** integriert ist, oder das Display **144** ist eine externe Anzeigevorrichtung, die betrieblich mit dem Bordinformationssystem **104** durch eine verdrahtete oder drahtlose Schnittstelle verbunden ist, um Ausgangssignale von dem Prozessor **108** zu empfangen, um eine Anzeige der virtuellen 3D-Umgebung zu erzeugen. Bei einer Ausführungsform, bei der das Bordinformationssystem **104** eine eingebettete Bordrechnervorrichtung ist, ist das Display **144** ein LCD oder ein anderes Flachpanel-Display, das sich in der Konsole eines Fahrzeugs befindet, oder das Display **144** ist ein Head-Up-Display (HUD) oder

ein anderes Projektionsdisplay, das die virtuelle 3D-Umgebung auf einer Windschutzscheibe oder anderen Anzeigefläche in dem Fahrzeug anzeigt. Andere Anzeigevorrichtungsausführungsformen weisen zum Beispiel stereoskopische Anzeigen auf, die zwei unterschiedliche 2D-Bilder einer virtuellen 3D-Umgebung bilden, um eine echte dreidimensionale Anzeige der virtuellen Umgebung zu simulieren.

[0019] Bei dem Bordinformationssystem **104** weisen die Fahrzeugsensoren **170** eine beliebige Vorrichtung in dem Fahrzeug auf, die digitale Daten erzeugt, die dem Zustand des Fahrzeugs oder der Umgebung um das Fahrzeug entsprechen, die der Prozessor **108** verwendet, um eine visuelle Abbildung der statischen Kartenmerkmale anzupassen. Beispiele von Sensoren, die in unterschiedlichen Fahrzeugkonfigurationen verwendet werden, weisen, ohne darauf beschränkt zu sein, Kameras, Lichtsensoren, Thermometer, Hygrometer, Bewegungssensoren, Tachometer, Entfernungssensoren und dergleichen auf. Bei einigen Ausführungsformen ist eine Borduhr ein weiterer Sensor, der die Tageszeit rund um das Fahrzeug aufzeichnet. Bei einigen Ausführungsformen empfängt das Positionierungssystem **148** oder die Vernetzungsvorrichtung **152** Zeitdaten, um die Uhr einzustellen und die Position der Sonne oder des Mondes auf dem Himmel zu unterschiedlichen Zeiten zu identifizieren, wenn sich das Fahrzeug in unterschiedlichen geographischen Lagen befindet. Bei dem Beispiel der **Fig. 1** wirkt das Positionierungssystem **148** auch als ein Sensor, um die Lage und optional die Fahrtrichtung und Geschwindigkeit des Fahrzeugs anzugeben. Bei einigen Fahrzeugen können zusätzliche Sensordaten indirekt aus Subsystemen bereitgestellt werden, die andere Funktionen in dem Fahrzeug erfüllen.

Verfahren zum effizienten Rendern von 3D-Partikelsystemen für Wettereffekte

[0020] Diverse Verfahren und Prozesse zum Rendern von 3D-Partikelsystemen, die Niederschlag oder andere ähnliche Wettereffekte abbilden, sind unten beschrieben. In der Beschreibung der Verfahren verweisen Erklärungen, dass das Verfahren eine Aufgabe oder Funktion ausführt, auf eine Steuervorrichtung oder einen Allzweckprozessor, die/der programmierte Anweisungen ausführt, die in nicht-flüchtigem computerlesbarem Speichermedium gespeichert sind, das betrieblich mit der Steuervorrichtung oder dem Prozessor verbunden ist, um Daten zu handhaben oder ein oder mehrere Bauteile in dem Bordinformationssystem **104** zu handhaben oder betreiben, um die Aufgabe oder Funktion auszuführen. Insbesondere können der Prozessor **108**, die CPU **112** und/oder die GPU **116** oben eine solche Steuervorrichtung oder ein solcher Prozessor sein, und die ausgeführten Programmanweisungen können programmierte Anweisungen **140** sein, die in

dem Speicher **120** gespeichert sind. Zusätzlich können die Schritte des Verfahrens in jeglicher machbaren chronologischen Reihenfolge durchgeführt werden, unabhängig von der in den Figuren gezeigten Reihenfolge oder der Reihenfolge, in welcher die Schritte beschrieben werden.

[0021] Fig. 2 zeigt ein Verfahren **200** zum Rendern von 3D-Partikelsystemen, die Niederschlag oder andere ähnliche Wettereffekte in einer virtuellen 3D-Umgebung auf eine rechnerisch effiziente Art abbilden.. Insbesondere, wie an die Mapping- und Navigationsapplikation, die oben besprochen ist, angewandt, erzeugt das Verfahren **200** eine grafische Anzeige einer virtuellen 3D-Umgebung, die eine Darstellung von Niederschlag aufweist, die aktuelle Wetterbedingungen in einer geographischen Lage der realen Welt um das Fahrzeug wiedergibt.. Das Verfahren **200** verbessert das Funktionieren des Bordinformationssystems **104**, indem es dem Prozessor **108** ermöglicht wird, einen Satz spezifischer Regeln auszuführen, um 3D Partikelsysteme, die Niederschlag oder ähnliche Wettereffekte abbilden, effizient in einer virtuellen 3D-Umgebung zu rendern. Zusätzlich ist das Verfahren **200** effizient genug, um auf eingebetteten Vorrichtungen und mobilen Vorrichtungen, die relativ beschränkte Verarbeitungsfähigkeiten haben, verwendet zu werden.

[0022] Wie hierin verwendet, verweist der Begriff „Niederschlag“ auf Regen, Nieselregen, Eisregen, Schnee, Schneeregen, Hagel und dergleichen, sowie auf ein beliebiges Gemisch der zuvor erwähnten Wetterbedingungen. An Niederschlag angewandt, können die „Partikel“ des 3D-Partikelsystems Schneeflocken, Schneekörner, Graupeln, Regentropfen, Eisregentropfen, Eisgraupeln oder dergleichen abbilden. Das Verfahren **200** ist jedoch an beliebige andere Wetterbedingungen, die als ein 3D-Partikelsystem abgebildet werden könnten, anwendbar, wie an einen Sandsturm, Nebel, Wind, Tornados, Hurrikans, Brand, Funken usw.

[0023] Das Verfahren **200** beginnt mit einem Schritt des Empfangens einer ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung, und einer ersten Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung (Block **210**). Insbesondere bezüglich der Ausführungsformen, die hierin ausführlich beschrieben sind, ist der Prozessor **108** konfiguriert, um eine aktuelle Kameraposition und eine aktuelle Blickrichtung einer virtuellen Kamera in einer virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen. Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor **108** weiter konfiguriert, um einen aktuellen Blickbereich und/oder einen aktuellen Blickwinkel der virtuellen Kamera in der virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen. Die Kameraposition, die Blickrichtung, der Blickbereich und der Blickwinkel sind jeweils Parameter der virtuellen Kamera und definieren einen Blick und/oder eine Perspektive der virtuellen 3D-Umgebung,

die von dem Prozessor **108** gerendert und auf dem Display **144** angezeigt werden soll, um den Benutzer beim Visualisieren einer geographischen Region zu unterstützen. Bei mindestens einer Ausführungsform ist der Prozessor **104** konfiguriert, um die Parameter der virtuellen Kamera aus dem Speicher **120** zu lesen, er kann sie aber auch von einem anderen System oder Prozessor empfangen. Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor **108** konfiguriert, um die Parameter der virtuellen Kamera automatisch basierend auf einer Position und/oder Bewegungsrichtung des Fahrzeugs und/oder des Bordinformationssystem **104**, die von dem Positionierungssystem **148** angegeben wird, anzupassen. Ferner ist der Prozessor **108** bei einigen Ausführungsformen konfiguriert, um die Parameter der virtuellen Kamera basierend auf Eingaben von dem Benutzer, wie von einem Touchscreen, Knöpfen, Knäufen oder anderen Eingabevorrichtungen des Bordinformationssystems **104** einzustellen. Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor **108** konfiguriert, um zusätzliche Informationen über die virtuelle 3D-Umgebung zu empfangen, einschließlich Maschendaten für Objekte in der virtuellen 3D-Umgebung, Straßen- und Navigationsinformationen, Informationen in Zusammenhang mit einer Bodenebene oder Oberfläche der virtuellen 3D-Umgebung, und einer Schwerkraftrichtung, die verwendet werden, um Merkmale der virtuellen 3D-Umgebung zu rendern.

[0024] Wie hierin verwendet, verweist die „Kameraposition“ (die auch die „Position“ oder der „Ursprungspunkt“ des Blickfelds genannt werden kann) einer virtuellen Kamera auf eine Position in einer virtuellen 3D-Umgebung, aus der eine Sicht der virtuellen 3D-Umgebung gerendert wird. Die Kameraposition kann als ein Satz von Koordinaten innerhalb der virtuellen 3D-Umgebung definiert sein, zum Beispiel $(X_{cam}, Y_{cam}, Z_{cam})$, oder auf eine beliebige andere zweckdienliche Art. Bei einigen Ausführungsformen kann die Kameraposition bestimmten Begrenzungsaufgaben unterliegen, wie zum Beispiel, dass sie über einer Bodenebene der virtuellen 3D-Umgebung oder innerhalb eines vorbestimmten Abstands von einer Position des Fahrzeugs und/oder des Bordinformationssystems **104**, die durch das Positionierungssystem **148** angegeben wird, liegt.

[0025] Wie hierin verwendet, verweist die „Blickrichtung“ (die auch die „Richtung“ des Blickfelds genannt werden kann) einer virtuellen Kamera auf eine Richtung von der Kameraposition, in die eine Sicht der virtuellen 3D-Umgebung gerendert wird. Der Blickwinkel kann als ein Richtungsvektor definiert werden, der sich von der Kameraposition erstreckt, zum Beispiel $\langle X_{view}, Y_{view}, Z_{view} \rangle$, oder auf eine beliebige andere zweckdienliche Art.

[0026] Wie hierin verwendet, verweist der „Blickwinkel“ (der auch der „Winkel“ des Blickfelds genannt

werden kann) einer virtuellen Kamera auf einen Winkel bezüglich einer Bodenebene der virtuellen 3D-Umgebung, aus dem eine Sicht der virtuellen 3D-Umgebung gerendert wird. Der Blickwinkel hängt im Allgemeinen von der Kameraposition und der Blickrichtung ab. Bei einem Beispiel kann der Blickwinkel bezüglich einer Reihe von Winkeln definiert werden, die zwischen einer senkrechten Draufsicht und einer parallelen Horizontalsicht definiert sind. Die senkrechte Draufsicht ist eine Sicht, bei der die Blickrichtung direkt abwärts von der Kameraposition und senkrecht zu der Bodenebene der virtuellen 3D-Umgebung zeigt. Die parallele horizontale Sicht ist eine Sicht, bei der die Blickrichtung direkt zu der Bodenebene der virtuellen 3D-Umgebung parallel gerichtet ist. Der Blickwinkel kann jedoch auf eine beliebige andere zweckdienliche Art definiert werden.

[0027] Wie hierin verwendet, verweist der „Blickbereich“ (der auch der „Bereich“ oder die „Weite“ des Blickfelds genannt werden kann) einer virtuellen Kamera auf eine Weite eines Blickfelds der virtuellen 3D-Umgebung oder, alternativ, auf eine Distanz der Kameraposition von Objekten und/oder einer Bodenebene in der Sicht der virtuellen 3D-Umgebung. Der Blickbereich hängt im Allgemeinen von der Kameraposition und der Blickrichtung ab. Im Allgemeinen wird, während der Blickbereich erhöht wird, ein größerer Abschnitt der geographischen Region in der Sicht der virtuellen 3D-Umgebung dargestellt.

[0028] Das Verfahren **200** setzt mit einem Schritt des Empfangens von Wetterdaten fort, die erste Niederschlagsinformationen aufweisen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung entspricht (Block **220**). Insbesondere ist der Prozessor **108** konfiguriert, um die Vernetzungsvorrichtung **152** zu betreiben, um Wetterdaten von der einen oder den mehreren Online-Wetterinformationsquellen **190** über das Datennetzwerk **180** zu empfangen und/oder abzurufen, die der geographischen Region der Kameraposition entsprechen. Die Wetterdaten weisen mindestens Niederschlagsinformationen auf, die zum Beispiel angeben, ob Niederschlag besteht, und, falls das so ist, einen Niederschlagstyp (zum Beispiel Regen, Schnee, Schneeregen usw.) und eine Niederschlagsstärke (zum Beispiel leicht, mittel oder stark). Bei einigen Ausführungsformen weisen die Wetterdaten weiter Windinformationen auf, die zum Beispiel eine Windgeschwindigkeit und Windrichtung angeben.

[0029] Das Verfahren **200** setzt mit einem Schritt des Definierens einer Begrenzungsgeometrie an erster Position fort, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung ist, wobei die Begrenzungsgeometrie derart bemessen ist, dass sie ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung deckt (Block **230**). Insbesondere ist der Prozessor **108** konfiguriert, um ei-

ne Begrenzungsgeometrie an einer Position mit einem vordefinierten Abstand von der aktuellen Kameraposition in die aktuelle Blickrichtung zu definieren. Der Prozessor **108** ist konfiguriert, um die Begrenzungsgeometrie mit Maßen zu definieren, die konfiguriert sind, um ein Blickfeld von der aktuellen Kameraposition in die aktuelle Blickrichtung zu decken und/oder einzuschließen. **Fig. 3** zeigt eine beispielhafte Begrenzungsgeometrie **302**, die bezüglich einer virtuellen Kamera **304** definiert ist. Die Begrenzungsgeometrie **302** ist an einer Position **306** positioniert, die in einem Abstand **L** von einer Position der virtuellen Kamera **304** in eine Blickrichtung **308** liegt. Wie gezeigt, umfasst die Begrenzungsgeometrie **302** eine Kugel, die einen Durchmesser **D** aufweist, der größer ist als eine Weite eines Blickfelds **310** der virtuellen Kamera **304** an dem Abstand **L**. Auf diese Art wird die Begrenzungsgeometrie **302** vor der virtuellen Kamera definiert und derart bemessen, dass sie das Blickfeld **310** der virtuellen Kamera **304** einschließt. Bei anderen Ausführungsformen können andere zweckdienliche Begrenzungsgeometrien als eine Kugel verwendet werden.

[0030] Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor **108** konfiguriert, um periodisch oder kontinuierlich den vorbestimmten Abstand (das heißt den Abstand **L**) und/oder ein Maß der Begrenzungsgeometrie (zum Beispiel den Durchmesser **D** der sphärischen Begrenzungsgeometrie **302**) basierend auf einer aktuellen Blickrichtung, einem aktuellen Blickwinkel und/oder einem aktuellen Blickbereich basierend auf vordefinierten Funktionen anzupassen, um die Sichtbarkeit der Begrenzungsgeometrie **302** zu der virtuellen Kamera **304** zu maximieren. Der Prozessor **108** kann zum Beispiel konfiguriert sein, um den vordefinierten Abstand und/oder ein Maß der Begrenzungsgeometrie einzustellen, um größer zu sein, wenn die Kamera konfiguriert ist, um einen Überblick über eine Region (das heißt herausgezoomt) im Vergleich zu wenn die Kamera konfiguriert ist, um eine Nahansicht einer kleinen Fläche (das heißt hereingezoomt) bereitzustellen. Auf diese Art würde das 3D-Partikelsystem weiter entfernt erscheinen, wenn die Kamera herauszoomt, und näher, wenn die Kamera hereinzoomt.

[0031] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 2** setzt das Verfahren **200** mit einem Schritt des Renderns eines 3D-Partikelsystems in der virtuellen 3D-Umgebung fort, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen (Block **240**). Insbesondere ist der Prozessor **108** oder genauer genommen die GPU **116** konfiguriert, um ein 3D-Partikelsystem in der virtuellen 3D-Umgebung zu rendern, das Niederschlag nur innerhalb der definierten Begrenzungsgeometrie abbildet. Bei mindestens einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfigu-

riert, um das 3D-Partikelsystem nur zu rendern, falls die Niederschlagsinformationen angeben, dass Niederschlag in der geographischen Region um die Kameraposition vorhanden ist. Bei einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das 3D-Partikelsystem durch willkürliches Hervorbringen von Partikeln innerhalb der Begrenzungsgeometrie mit einer Partikeldichte zu rendern, die auf einer Niederschlagsstärke basiert, die von den Niederschlagsinformationen angegeben wird. Bei mindestens einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** weiter konfiguriert, um zusätzliche Merkmale der virtuellen 3D-Umgebung, wie Straßen, Gebäude, Referenzpunkte usw. zu rendern.

[0032] Fig. 4 zeigt ein beispielhaftes Rendern eines 3D-Partikelsystems **312** nur innerhalb der definierten Begrenzungsgeometrie **302**. Wie man sieht, ist die Begrenzungsgeometrie **302** eine effiziente Art, 3D-Partikelsimulation zu optimieren, indem die Menge an Rendern, die ausgeführt werden muss, reduziert wird.

[0033] Des Weiteren ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das 3D-Partikelsystem zu rendern, das Merkmale aufweist, die von den Niederschlagsinformationen der empfangenen Wetterdaten abhängen. Bei einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfiguriert, um mindestens eine (i) einer Form, (ii) einer Farbe und (iii) einer Opazität von Partikeln des 3D-Partikelsystems unterschiedlich in Abhängigkeit von einem Niederschlagstyp, der von den Niederschlagsinformationen angegeben wird, zu rendern. Falls die Niederschlagsinformationen zum Beispiel angeben, dass es in der geographischen Region um die Kameraposition schneit, kann der Prozessor **108** konfiguriert werden, um die Partikel des 3D-Partikelsystem als eine opake weiße Schneeflockenform zu rendern. Auf ähnliche Art, falls die Niederschlagsinformationen zum Beispiel angeben, dass es in der geographischen Region um die Kameraposition regnet, kann der Prozessor **108** konfiguriert werden, um die Partikel des 3D-Partikelsystem als eine halbdurchsichtige blaue Regentropfenform zu rendern.

[0034] Bei einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfiguriert, um mindestens eine (i) einer Größe von Partikeln des 3D-Partikelsystems und (ii) einer Partikeldichte des 3D-Partikelsystems unterschiedlich in Abhängigkeit von einem Niederschlagstyp und/oder einer Niederschlagsstärke, die von den Niederschlagsinformationen angegeben wird, zu rendern. Der Prozessor **108** kann zum Beispiel konfiguriert werden, um die Partikel des 3D-Partikelsystems mit einer relativ größeren Partikelgröße zu rendern, falls die Niederschlagsinformationen angeben, dass es in der geographischen Region um die Kameraposition hagelt, im Vergleich zu wenn die Niederschlagsinformationen angeben, dass in der geographischen Region um die Kameraposition Schneeregen fällt. Auf

ähnliche Art kann der Prozessor **108** konfiguriert sein, um mehr Partikel in dem 3D-Partikelsystem zu rendern, falls die Niederschlagsinformationen angeben, dass die Niederschlagsstärke stark ist, im Vergleich zu wenn die Niederschlagsinformationen angeben, dass die Niederschlagsstärke leicht ist.

[0035] Bei einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfiguriert, um eine Bewegung von Partikeln des 3D-Partikelsystem basierend auf mindestens einer Windgeschwindigkeit und einer Windrichtung, die von den Windinformationen angegeben werden, sowie auf einer Schwerkraftrichtung der virtuellen 3D-Umgebung zu rendern. Bei einigen Ausführungsformen kann der Effekt von Wind auf die Partikel von dem Niederschlagstyp, der von den Niederschlagsinformationen angegeben wird (zum Beispiel Schneeflocken, die von dem Wind stärker beeinflusst werden als Regentropfen) abhängen.

[0036] Fig. 5 zeigt ein Verfahren **300**, das eine Fortsetzung des Verfahrens der Fig. 200 ist, um das 3D-Partikelsystem zu aktualisieren, während die Kameraposition oder die Blickrichtung gewechselt wird. Das Verfahren **300** verbessert das Funktionieren des Bordinformationssystems **104**, indem es dem Prozessor **108** ermöglicht wird, einen Satz spezifischer Regeln auszuführen, um 3D-Partikelsysteme, die Niederschlag oder ähnliche Wettereffekte abbilden, effizient in einer virtuellen Umgebung zu rendern, während sich die Kameraposition oder der Blickwinkel ändert.

[0037] Das Verfahren **300** beginnt mit einem Schritt des Empfangens einer zweiten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung, und einer zweiten Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung (Block **250**). Insbesondere bezüglich der Ausführungsformen, die hierin ausführlich beschrieben sind, ist der Prozessor **108** konfiguriert, um eine aktualisierte Kameraposition und eine aktualisierte Blickrichtung einer virtuellen Kamera einer virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen. Bei einigen Ausführungsformen ist der Prozessor **108** weiter konfiguriert, um einen aktualisierten Blickbereich und/oder einen aktualisierten Blickwinkel der virtuellen Kamera der virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen.

[0038] Das Verfahren **300** setzt mit einem Schritt des Bewegens der Begrenzungsgeometrie zu einer zweiten Position fort, die der erste Abstand von der zweiten Kameraposition in die zweite Blickrichtung ist (Block **260**). Insbesondere ist der Prozessor **108** konfiguriert, um die Position der Begrenzungsgeometrie zu einer aktualisierten Position zu bewegen und/oder neu zu definieren, die der vorbestimmte Abstand (zum Beispiel der Abstand L) von der aktualisierten aktuellen Kameraposition in der aktualisierten aktuellen Blickrichtung ist. Fig. 6 zeigt eine beispielhafte Bewegung und/oder Neudefinition der ursprüngli-

chen Begrenzungsgeometrie **302**. Insbesondere, wie gezeigt, wird die virtuelle Kamera **304** zu einer neuen Position bewegt, die eine ähnliche Blickrichtung **308'** aufweist und an der neuen Position **304'** genannt wird. Die Begrenzungsgeometrie **302** wird zu einer neuen Position **306'** bewegt und/oder neu definiert und an der neuen Position **306' 302'** genannt. Wie man sieht, ist die Begrenzungsgeometrie **302** im Wesentlichen an der Vorderseite der virtuellen Kamera **304** derart angebracht, dass das 3D-Partikelsystem, das darin gerendert wird, immer sichtbar ist.

[0039] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 5**, setzt das Verfahren **300** mit einem Schritt des Aktualisierens des Renderns des 3D-Partikelsystems fort, das Niederschlag derart abbildet, dass Partikel des 3D-Partikelsystems nur innerhalb der bewegten Begrenzungsgeometrie gerendert werden (Block **270**). Insbesondere ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das Rendern des 3D-Partikelsystems, das den Niederschlag abbildet, derer zu aktualisieren, dass Partikel des 3D-Partikelsystems nur innerhalb der bewegten Begrenzungsgeometrie gerendert werden. Bei mindestens einer Ausführungsform ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das Rendern durch Entfernen von Partikeln des 3D-Partikelsystems, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der alten Position lagen, aber außerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der neuen Position bewegt wurde, zu aktualisieren. Des Weiteren ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das Rendern durch willkürliches Hervorbringen neuer Partikel mit einer Dichte, die auf der gewünschten Niederschlagsstärke basiert, des 3D-Partikelsystems an Positionen zu aktualisieren, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der neuen Position bewegt wurde, aber an der alten Position außerhalb der Bewegungsgeometrie lagen. Schließlich ist der Prozessor **108** konfiguriert, um das Rendern von Partikeln des 3D-Partikelsystems, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der alten Position lagen und innerhalb der Bewegungsgeometrie bleiben, nachdem die Bewegungsgeometrie zu der neuen Position bewegt wurde, fortzusetzen. Bei einigen Ausführungsformen können die entfernten Partikel recycelt werden, um wieder verwendet zu werden. Da das Erzeugen und dann Entfernen individueller Partikel rechnerisch gewöhnlich kostspielig ist, kann der Prozessor **108** zum Beispiel konfiguriert sein, um eine vorbestimmte Anzahl von Partikeln zu erzeugen und sie lebend zu nennen, wenn sie innerhalb der Begrenzungsgeometrie **302** liegen, oder tot, wenn sie außerhalb der Begrenzungsgeometrie **302** liegen. Die Partikel, die tot genannt werden, können auch verwendet werden, um neue Partikel in der neuen Geometrie „anzulegen“.

[0040] **Fig. 6** zeigt ein beispielhaftes aktualisiertes 3D-Partikelsystem **312'**, nachdem die Begrenzungs-

geometrie **302** zu der neuen Position **306'** bewegt wurde. Insbesondere werden, wie man sieht, neue Partikel willkürlich in einer Region A hervorgebracht, die innerhalb der neuen Begrenzungsgeometrie **302'** liegt, aber nicht innerhalb der alten Begrenzungsgeometrie **302**. Auf ähnliche Art werden Partikel aus einer Region B entfernt, die innerhalb der alten Begrenzungsgeometrie **302** aber nicht innerhalb der neuen Begrenzungsgeometrie **302'** liegt. Schließlich bleiben Partikel in einer Region C, die sowohl innerhalb der neuen Begrenzungsgeometrie **302'** als auch der alten Begrenzungsgeometrie **302'** liegen, unbeeinflusst und werden weiterhin gerendert.

[0041] Obgleich die Offenbarung in den Zeichnungen und der vorangehenden Beschreibung veranschaulicht und ausführlich beschrieben wurde, sollte diese als in ihrem Charakter als veranschaulichend und nicht einschränkend angesehen werden. Es versteht sich, dass nur die bevorzugten Ausführungsformen präsentiert wurden, und dass alle Änderungen, Modifikationen und weiteren Anwendungen, die in das Wesen der Offenbarung fallen, als zu schützen gewollt sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von Grafiken einer virtuellen dreidimensionalen (3D) Umgebung, die Folgendes umfasst:

Empfangen mit einem Prozessor einer ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und einer ersten Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung; Empfangen mit dem Prozessor von Wetterdaten, die erste Niederschlagsinformationen aufweisen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung entspricht;

Definieren mit dem Prozessor einer Begrenzungsgeometrie an einer ersten Position, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung ist, wobei die Begrenzungsgeometrie bemessen ist, um ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung zu decken; und Rendern mit dem Prozessor eines 3D-Partikelsystems in der virtuellen 3D-Umgebung, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter Folgendes umfasst:

Empfangen mit dem Prozessor einer zweiten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und einer zweiten Blickrichtung innerhalb der virtuellen 3D-Umgebung;

Bewegen mit dem Prozessor der Begrenzungsgeometrie zu einer zweiten Position, die der erste Ab-

stand von der zweiten Kameraposition in die zweite Blickrichtung ist; und

Aktualisieren mit dem Prozessor des Renderns des 3D-Partikelsystems, das den Niederschlag derart abbildet, dass Partikel des 3D-Partikelsystems nur innerhalb der bewegten Begrenzungsgeometrie gerendert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Aktualisieren des Renderns des 3D-Partikelsystems Folgendes umfasst:

Entfernen von Partikeln des 3D-Partikelsystems, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der ersten Position lagen, aber außerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde;

Fortsetzen des Renderns von Partikeln des 3D-Partikelsystems, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der ersten Position lagen und innerhalb der Begrenzungsgeometrie bleiben, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde; und

Hervorbringen neuer Partikel des 3D-Partikelsystems an Positionen, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde, aber an der ersten Position außerhalb der Begrenzungsgeometrie lagen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Rendern des 3D-Partikelsystems weiter Folgendes umfasst:

Rendern mindestens einer (i) einer Form, (ii) einer Farbe und (iii) einer Opazität von Partikeln des 3D-Partikelsystems basierend auf einem Niederschlags-typ, der von den ersten Niederschlagsinformationen angegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Rendern des 3D-Partikelsystems weiter Folgendes umfasst:

Rendern mindestens einer (i) einer Größe von Partikeln des 3D-Partikelsystems und (ii) einer Partikeldichte des 3D-Partikelsystems basierend auf einer Niederschlagsstärke, die von den ersten Niederschlagsinformationen angegeben wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Definieren der Begrenzungsgeometrie weiter Folgendes umfasst:

Definieren der Begrenzungsgeometrie als eine Sphäre, die an der ersten Position zentriert ist, wobei die Sphäre einen Durchmesser aufweist, der konfiguriert ist, um das Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung zu decken.

7. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter Folgendes umfasst:

Empfangen mit dem Prozessor mindestens eines eines Blickbereichs und eines Blickwinkels; und
Einstellen mit dem Prozessor mindestens eines der ersten Distanz und eines Maßes der Begrenzungs-

geometrie basierend auf dem mindestens einen des Blickbereichs und des Blickwinkels.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wetterdaten Windinformationen aufweisen, wobei das Rendern des 3D-Partikelsystems weiter Folgendes umfasst:

Rendern einer Bewegung von Partikeln des 3D-Partikelsystems basierend auf mindestens einem einer Windgeschwindigkeit und einer Windrichtung, die von den Windinformationen angegeben werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Partikel des 3D-Partikelsystems konfiguriert sind, um Schneeflocken abzubilden.

10. System zum Erzeugen von Grafiken einer virtuellen dreidimensionalen (3D) Umgebung, die Folgendes umfasst:

eine Anzeigevorrichtung, die konfiguriert ist, um die Grafiken der virtuellen 3D-Umgebung anzuzeigen;

eine Vernetzungsvorrichtung;

einen Speicher, der konfiguriert ist, um programmierte Anweisungen zu speichern; und

einen Prozessor, der betrieblich mit der Anzeigevorrichtung, der drahtlosen Vernetzungsvorrichtung und dem Speicher verbunden ist, wobei der Prozessor konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

eine erste Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und eine erste Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen;

über die Vernetzungsvorrichtung Wetterdaten zu empfangen, die erste Niederschlagsinformationen aufweisen, die einer ersten geographischen Region entsprechen, die der ersten Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung entspricht;

eine Begrenzungsgeometrie an erster Position, die ein erster Abstand von der ersten Kameraposition ist, in der ersten Blickrichtung zu definieren, wobei die Begrenzungsgeometrie bemessen ist, um ein Blickfeld von der ersten Kameraposition in die erste Blickrichtung zu decken; und

ein 3D-Partikelsystem in der virtuellen 3D-Umgebung zu rendern, das Niederschlag nur innerhalb der Begrenzungsgeometrie abbildet, wobei das 3D-Partikelsystem Merkmale aufweist, die von den ersten Niederschlagsinformationen abhängen.

11. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

eine zweite Kameraposition in der virtuellen 3D-Umgebung und eine zweite Blickrichtung in der virtuellen 3D-Umgebung zu empfangen;

die Begrenzungsgeometrie zu einer zweiten Position zu bewegen, die der erste Abstand von der zweiten Kameraposition in die zweite Blickrichtung ist; und
das Rendern des 3D-Partikelsystems, das den Niederschlag abbildet, derart zu aktualisieren, dass Par-

tikel des 3D-Partikelsystems nur innerhalb der bewegten Begrenzungsgeometrie gerendert werden.

12. System nach Anspruch 11, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

Partikel des 3D-Partikelsystems zu entfernen, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der ersten Position lagen, aber außerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde;

das Rendern von Partikeln des 3D-Partikelsystems, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie an der ersten Position lagen und innerhalb der Begrenzungsgeometrie bleiben, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde, fortzusetzen; und

neue Partikel des 3D-Partikelsystems an Positionen, die innerhalb der Begrenzungsgeometrie liegen, nachdem die Begrenzungsgeometrie zu der zweiten Position bewegt wurde, aber an der ersten Position außerhalb der Begrenzungsgeometrie lagen, hervorzubringen.

13. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

mindestens eine (i) einer Form, (ii) einer Farbe und (iii) einer Opazität von Partikeln des 3D-Partikelsystems basierend auf einem Niederschlagstyp, der von den ersten Niederschlagsinformationen angegeben wird, zu rendern.

14. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

mindestens eine (i) einer Größe von Partikeln des 3D-Partikelsystems und (ii) einer Partikeldichte des 3D-Partikelsystems basierend auf einer Niederschlagsstärke, die von den ersten Niederschlagsinformationen angegeben wird, zu rendern.

15. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

die Begrenzungsgeometrie als eine Sphäre, die an der ersten Position zentriert ist, zu definieren, wobei die Sphäre einen Durchmesser aufweist, der konfiguriert ist, um das Blickfeld von der ersten Kameraposition in der ersten Blickrichtung zu decken.

16. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

mindestens einen eines Blickbereichs und eines Blickwinkels zu empfangen; und

mindestens eines der ersten Distanz und eines Maßes der Begrenzungsgeometrie basierend auf dem mindestens einen des Blickbereichs und des Blickwinkels anzupassen.

17. System nach Anspruch 10, wobei der Prozessor weiter konfiguriert ist, um die programmierten Anweisungen auszuführen, um:

eine Bewegung von Partikeln des 3D-Partikelsystems basierend auf mindestens einem einer Windgeschwindigkeit und einer Windrichtung, die von den Windinformationen angegeben werden, zu rendern.

18. System nach Anspruch 10, wobei die Partikel des 3D-Partikelsystems konfiguriert sind, um Schneeflocken abzubilden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

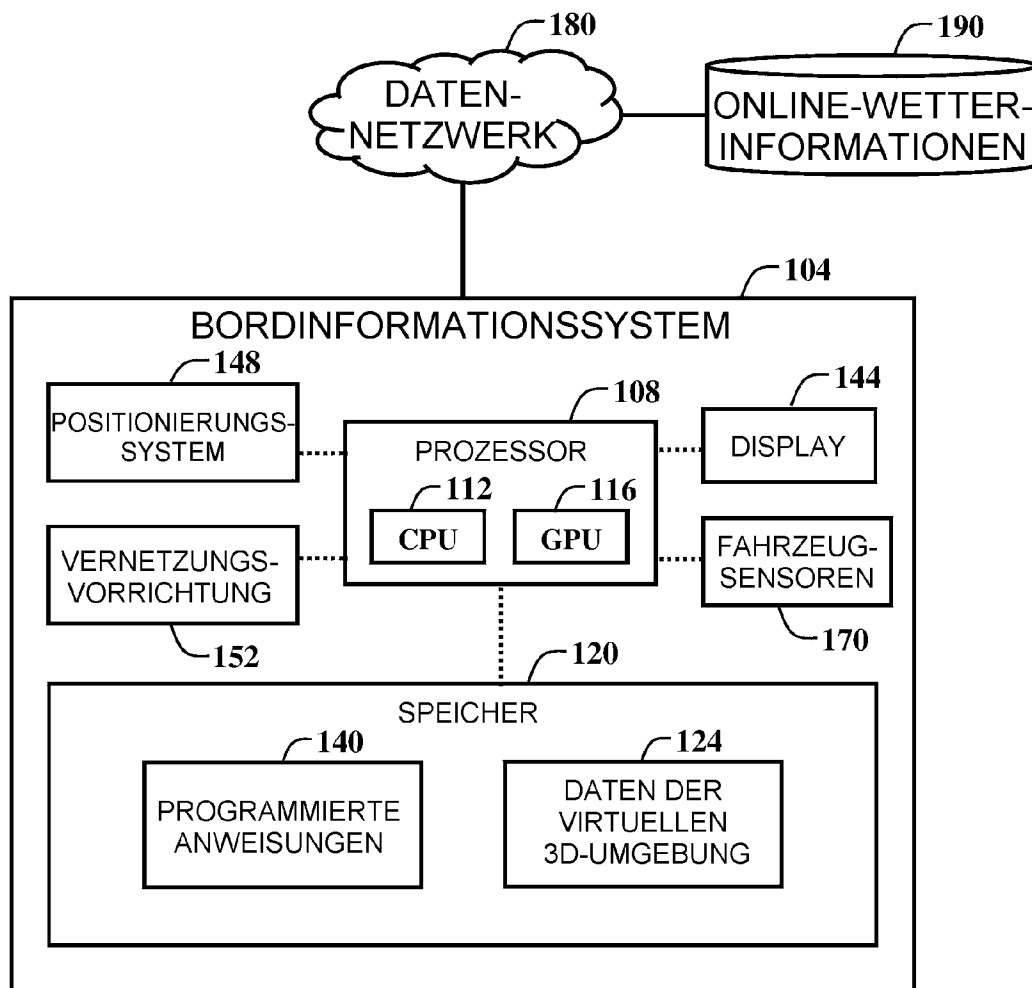
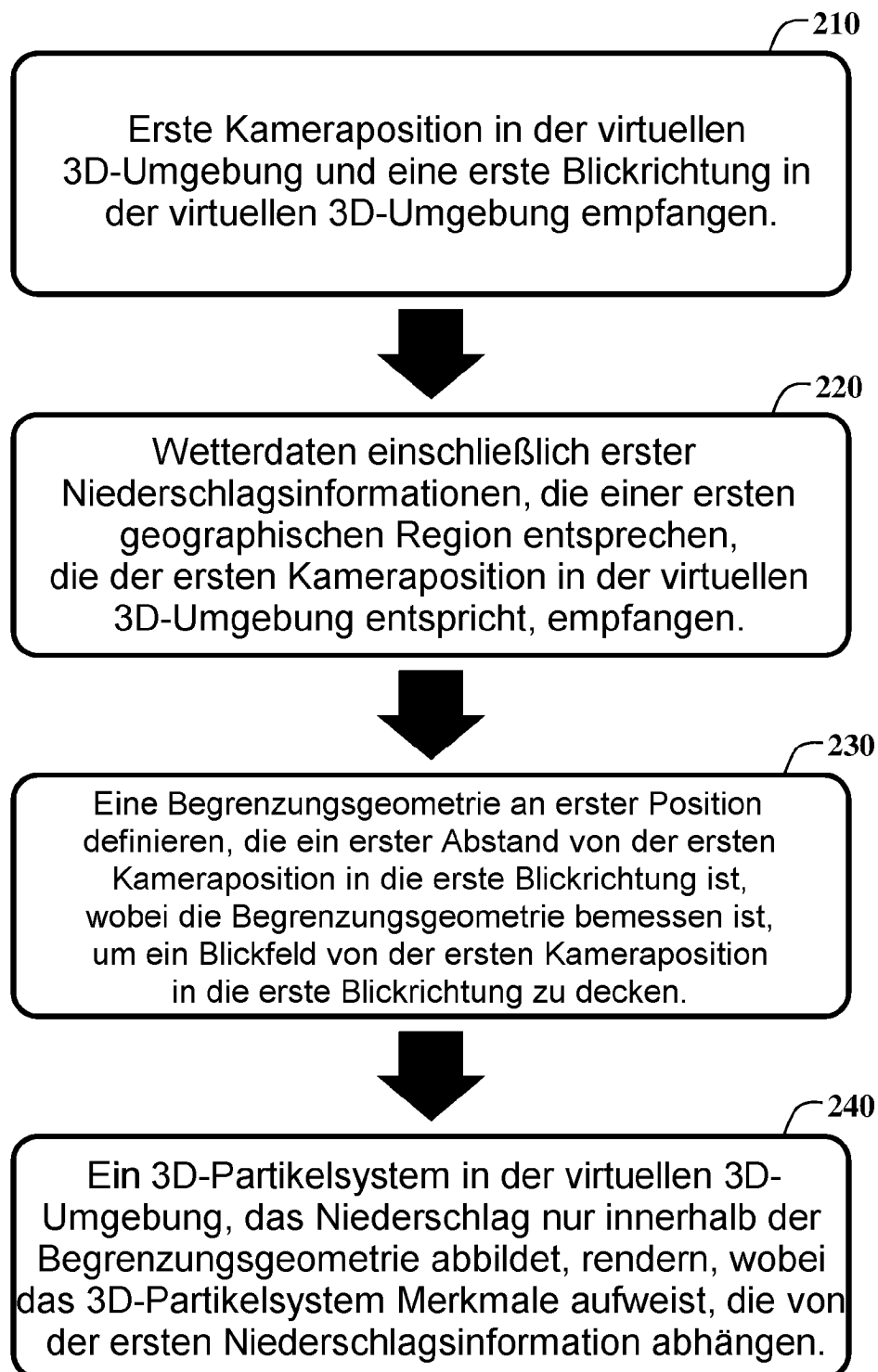


FIG. 1

200**FIG. 2**

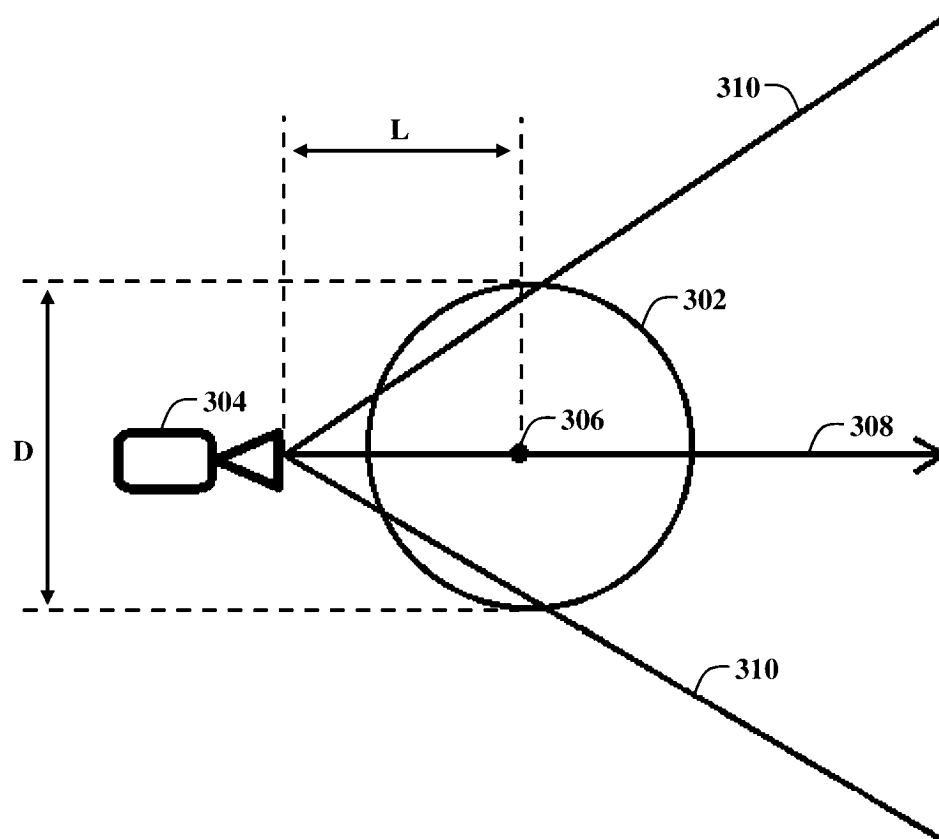


FIG. 3

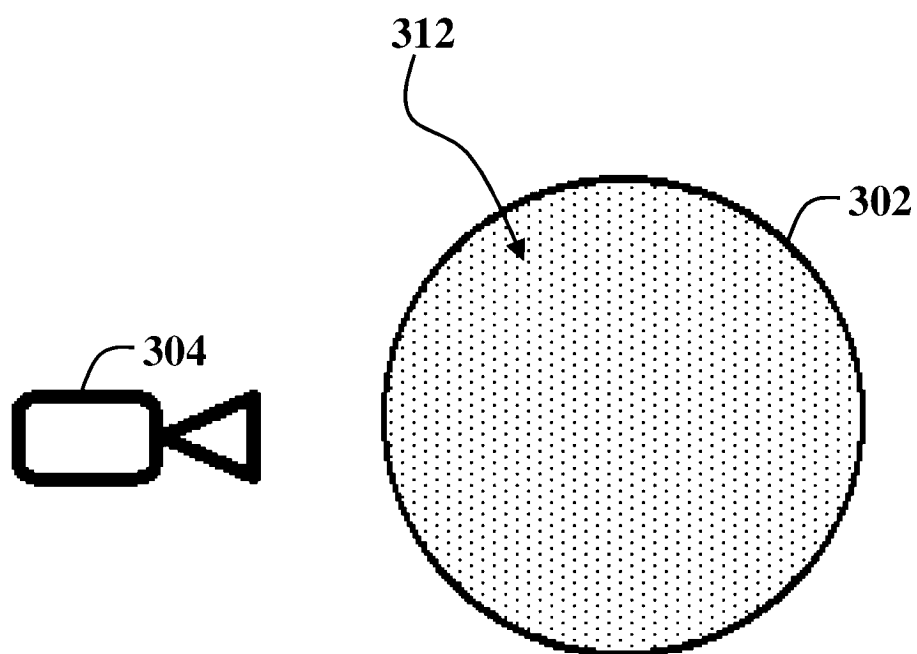


FIG. 4

300

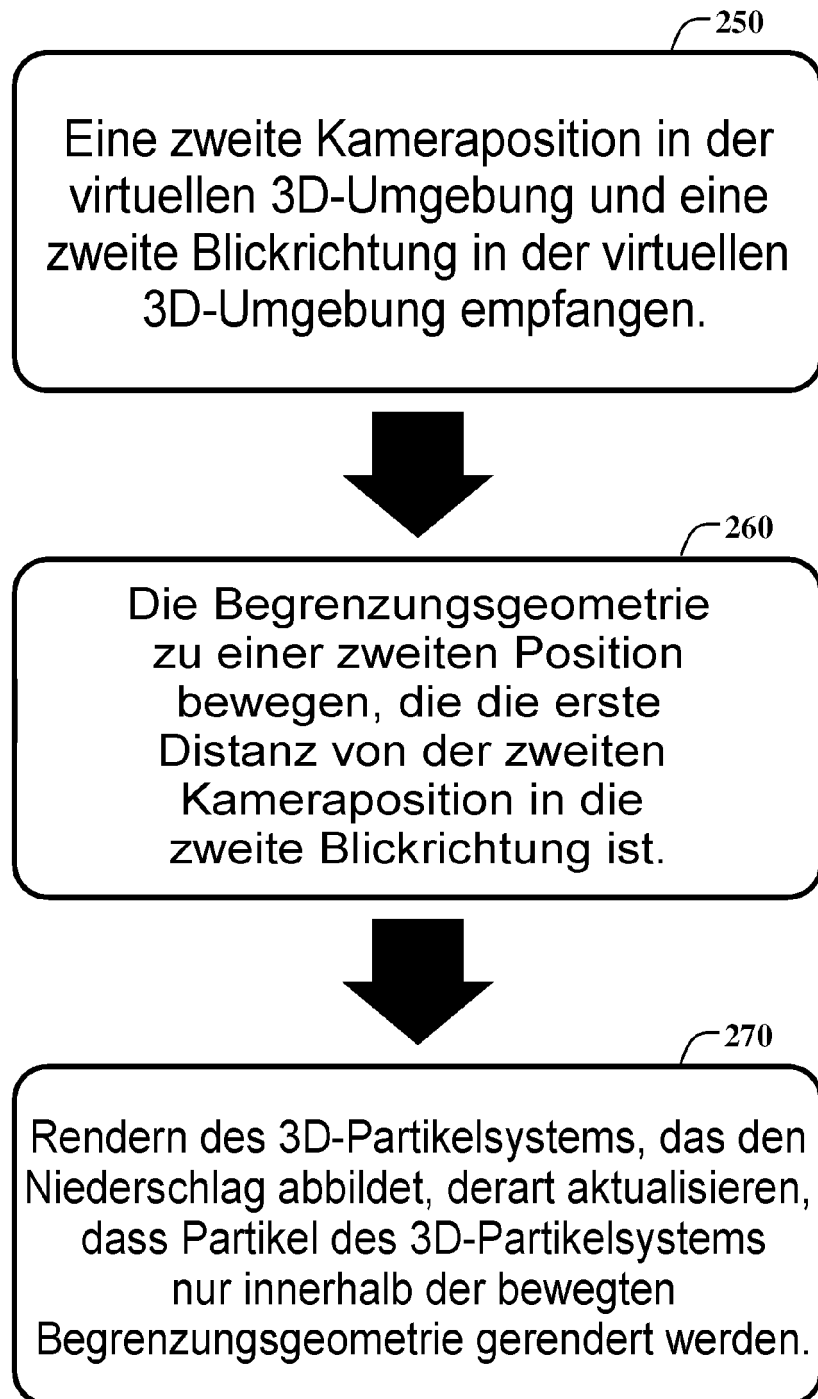


FIG. 5

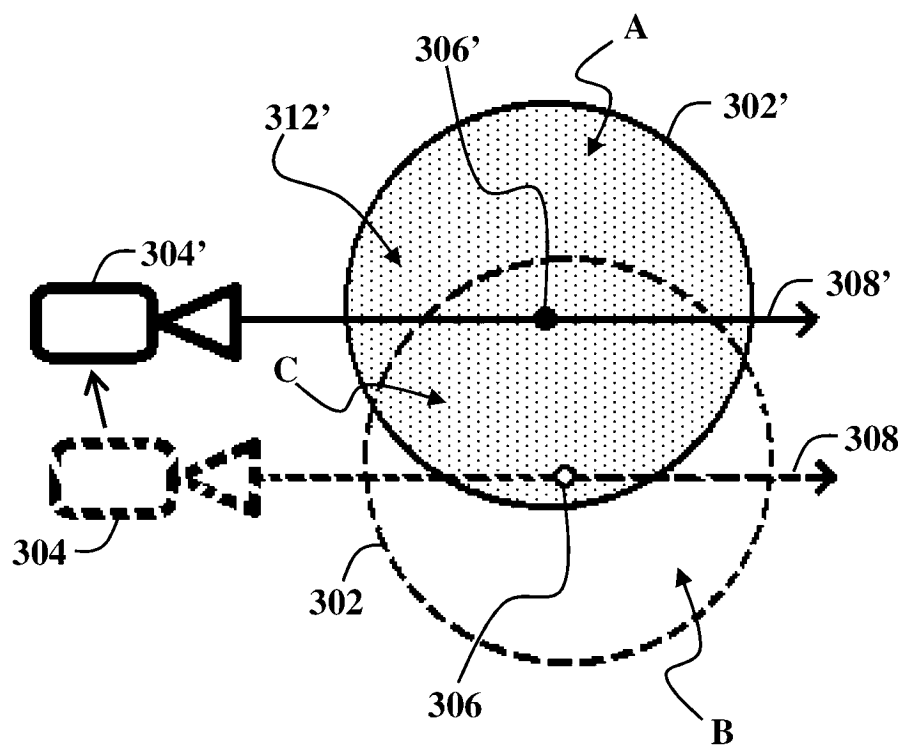


FIG. 6