



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 050 501.6**

(22) Anmeldetag: **23.10.2009**

(43) Offenlegungstag: **23.12.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G08G 1/16** (2006.01)  
**B60W 30/08** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

<b>61/215,745</b>	<b>08.05.2009</b>	<b>US</b>
<b>12/474,594</b>	<b>29.05.2009</b>	<b>US</b>
<b>12/581,659</b>	<b>19.10.2009</b>	<b>US</b>
<b>12/581,849</b>	<b>19.10.2009</b>	<b>US</b>

(71) Anmelder:

**GM Global Technology Operations, Inc., Detroit,  
Mich., US**

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336  
München**

(72) Erfinder:

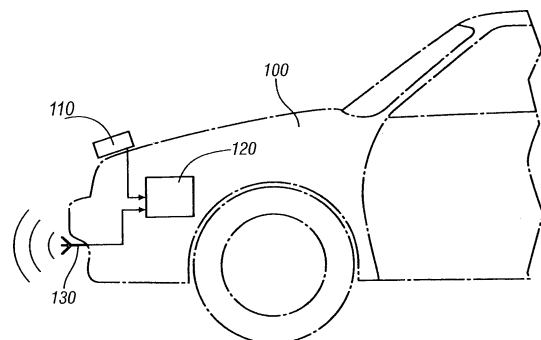
**Zhang, Wende, Shelby Township, Mich., US; Naik,  
Sanjeev M., Troy, Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verbesserte Detektion eines freien Pfads bei Vorhandensein eines Verkehrsinfrastrukturindicators**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Detektieren eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch eine Kameraeinrichtung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, umfasst, dass die Bilder überwacht werden. Die Bilder werden analysiert, was umfasst, dass ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen der Bilder ermittelt wird, die keine potentielle Fahrbahn angeben, und ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird. Das Verfahren umfasst ferner, dass der Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird, der freie Pfad auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert wird und der modifizierte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.



**Beschreibung**

## QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0001]** Diese Anmeldung ist eine Continuation-In-Part-Anmeldung der US-Anmeldung Nr. 12/581,659, eingereicht am 19. Oktober 2009, die eine Continuation-In-Part-Anmeldung der US-Anmeldung Nr. 12/474,594, eingereicht am 29. Mai 2009, ist, die eine Continuation-In-Part-Anmeldung der US-Anmeldung Nr. 12/108,581, eingereicht am 24. April 2008, ist. Die US-Anmeldung Nr. 12/581,659, eingereicht am 19. Oktober 2009, beansprucht die Priorität der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/215,745, eingereicht am 8. Mai 2009. Der Offenbarungsgehalt der US-Anmeldung Nr. 12/581,659, der US-Anmeldung Nr. 12/474,594, der US-Anmeldung Nr. 12/108,581 und der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/215,745 sind hierin durch Bezugnahme vollständig mit eingeschlossen.

## TECHNISCHES GEBIET

**[0002]** Diese Offenbarung bezieht sich auf eine automatisierte oder halbautomatisierte Steuerung eines Kraftfahrzeugs.

## HINTERGRUND

**[0003]** Die Aussagen in diesem Abschnitt stellen lediglich Hintergrundinformationen bezüglich der vorliegenden Offenbarung bereit und müssen nicht unbedingt Stand der Technik darstellen.

**[0004]** Autonome Fahrsysteme und halbautonome Fahrsysteme verwenden Eingänge bezüglich der Straße und andere Fahrbedingungen, um Drossel- und Lenkmechanismen automatisch zu steuern. Eine genaue Schätzung und Identifikation eines freien Pfads, auf dem ein Kraftfahrzeug betrieben werden soll, ist hinsichtlich eines erfolgreichen Ersetzens des menschlichen Gehirns als Steuermechanismus für einen Fahrzeugbetrieb kritisch.

**[0005]** Die Straßenbedingungen können komplex sein. Bei normalem Betrieb eines Fahrzeugs macht der menschliche Betreiber Hunderte von Beobachtungen pro Minute und passt er den Betrieb des Fahrzeugs auf der Grundlage von wahrgenommenen Straßenbedingungen an. Ein Aspekt des Wahrnehmens von Straßenbedingungen ist die Wahrnehmung der Straße im Kontext von Objekten auf der und um die Fahrbahn herum und das Fahren auf einem freien Pfad durch jegliche Objekte hindurch. Ein Ersetzen der menschlichen Wahrnehmung durch eine Technologie umfasst vorzugsweise ein Mittel, um Objekte genau wahrzunehmen und mit dem effektiven Fahren um solche Objekte herum fortzufahren.

**[0006]** Ein technologisches Mittel zum Wahrnehmen eines Objekts oder von Straßenbedingungen umfasst Daten von visuellen Kameras, eine Radarbilderfassung, LIDAR, Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationen, Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikationen und die Verwendung von Daten einer globalen Positionsbestimmung mit einer digitalen Karte. Kameras übersetzen visuelle Bilder in Form von Strahlung, wie beispielsweise Lichtmuster oder Infrarotsignaturen, in ein lesbares Datenformat. Ein solches Datenformat umfasst Pixel-Bilder, wobei eine wahrgenommene Szene in eine Reihe von Pixeln zerlegt wird. Eine Radarbilderfassung verwendet Funkwellen, die durch einen Sender erzeugt werden, um Formen und Objekte, die vor dem Sender vorhanden sind, zu schätzen. Muster in den Wellen, die von diesen Formen und Objekten reflektiert werden, können analysiert werden und die Orte von Objekten können geschätzt werden.

**[0007]** Sobald Daten bezüglich des Bodens vor dem Fahrzeug erzeugt wurden, müssen die Daten analysiert werden, um das Vorhandensein von Objekten aus den Daten zu schätzen. Durch Verwenden von Kameras und Radarbilderfassungssystemen können der Boden oder die Fahrbahn vor dem Fahrzeug hinsichtlich des Vorhandenseins von Objekten, die vermieden werden müssten, analysiert werden. Die ledigliche Identifikation von potentiellen Objekten, die vermieden werden müssen, führt jedoch nicht die Analyse aus. Eine wichtige Komponente jedes autonomen Systems umfasst die Tatsache, wie in den wahrgenommenen Bodendaten identifizierte potentielle Objekte verarbeitet und verändert werden, um einen freien Pfad zu identifizieren, auf dem das Fahrzeug betrieben werden soll.

**[0008]** Ein bekanntes Verfahren zum Identifizieren eines freien Pfads, auf dem das Fahrzeug betrieben werden soll, ist, alle wahrgenommenen Objekte zu katalogisieren und vorläufig zu identifizieren und hinsichtlich der Orte und Verhalten von identifizierten Objekten einen freien Pfad zu identifizieren. Es können Bilder verarbeitet werden, um Objekte gemäß ihrer Form und Beziehung zu der Fahrbahn zu identifizieren und zu klassifizieren. Während dieses Verfahrens beim Identifizieren eines freien Pfads effektiv sein kann, erfordert es eine große Menge an Verarbeitungsleistung, wobei die Erkennung und Trennung verschiedener Objekte in dem visuellen Bild, beispielsweise ein Unterscheiden zwischen einem Baum an der Seite der Straße und einem Fußgänger, der in Richtung Randstein geht, erforderlich ist. Solche Verfahren können beim Verarbeiten komplexer Situationen langsam oder ineffektiv sein oder können unhandliche und teure Geräte erfordern, um die notwendige Verarbeitungskapazität zu liefern.

## ZUSAMMENFASSUNG

[0009] Ein Verfahren zum Detektieren eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch eine Kameraeinstellung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, umfasst, dass die Bilder überwacht werden. Die Bilder werden analysiert, was umfasst, dass ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen der Bilder ermittelt wird, die keine potentielle Fahrbahn angeben, und ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird. Das Verfahren umfasst ferner, dass der Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird, der freie Pfad auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert wird und der modifizierte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] Nachstehend werden eine oder mehrere Ausführungsformen beispielhaft in Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, wobei:

[0011] [Fig. 1](#) eine beispielhafte Anordnung eines Fahrzeugs, das mit einer Kamera und einem Radarbilderfassungssystem ausgestattet ist, gemäß der Offenbarung zeigt;

[0012] [Fig. 2](#) ein bekanntes Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads zum autonomen Fahren gemäß der Offenbarung zeigt;

[0013] [Fig. 3](#) ein beispielhaftes Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads unter Verwendung einer Wahrscheinlichkeitsanalyse eines Bilds gemäß der Offenbarung zeigt;

[0014] [Fig. 4](#) ein beispielhaftes Verfahren zum Analysieren eines Bilds gemäß der Offenbarung zeigt;

[0015] [Fig. 5](#) ein beispielhaftes Verfahren zum Definieren eines Klassifizierungsfehlers durch Abstimmen eines einzelnen Schwellenwerts gemäß der Offenbarung zeigt;

[0016] [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) eine beispielhafte Ermittlung einer Bilddifferenz durch Berechnen einer absoluten Bildintensitätsdifferenz gemäß der Offenbarung zeigen;

[0017] [Fig. 7](#) ein beispielhaftes Verfahren zum Klassifizieren eines Merkmals als Abschnitt eines freien Pfads und gleichzeitig als detektiertes Objekt als Verfahren zur Bildanalyse gemäß der Offenbarung zeigt;

[0018] [Fig. 8](#) ferner ein beispielhaftes Verfahren zum Klassifizieren eines Merkmals als Abschnitt eines freien Pfads und gleichzeitig als detektiertes Ob-

jekt als Verfahren zur Bildanalyse gemäß der Offenbarung zeigt;

[0019] [Fig. 9](#) einen beispielhaften Prozess zum Analysieren eines Bilds durch eine Wahrscheinlichkeitsanalyse gemäß der Offenbarung zeigt;

[0020] [Fig. 10](#) ein erstes Verarbeitungsschema zum Detektieren eines freien Pfads gemäß der Offenbarung ist;

[0021] [Fig. 11](#) ein beispielhaftes momentanes Bild, das einen beispielhaften Satz von an dem momentanen Bild identifizierten interessierenden Punkten umfasst, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0022] [Fig. 12](#) ein beispielhaftes momentanes Bild, das nach dem in [Fig. 11](#) gezeigten Bild erfasst wurde, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0023] [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) ein beispielhaftes Paar von in Übereinstimmung gebrachten Punkten, wobei das Paar von in Übereinstimmung gebrachten Punkten einen interessierenden Punkt von einem momentanen Bild und einen entsprechenden interessierenden Punkt von einem vorherigen Bild umfasst, und ein beispielhaftes Pixel-Gebiet, das die Punkte umgibt, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigen;

[0024] [Fig. 13A](#) den interessierenden Punkt von dem momentanen Bild und das Pixel-Gebiet um den interessierenden Punkt zeigt;

[0025] [Fig. 13B](#) den interessierenden Punkt von dem vorherigen Bild und das Pixel-Gebiet um den interessierenden Punkt zeigt;

[0026] [Fig. 14](#) graphisch die Verwendung eines beispielhaften momentanen Bilds, eines beispielhaften vorherigen Bilds und den Betrieb eines Host-Fahrzeugs zum Ermitteln der Position eines gesehenen Merkmals gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0027] [Fig. 15](#) graphisch eine beispielhafte Draufsichtabbildung, die vertikale Positionen von interessierenden Punkten bei x- und y-Koordinaten vor dem Host-Fahrzeug beschreibt, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0028] [Fig. 16](#) ein zweites Verarbeitungsschema zum Detektieren eines freien Pfads gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0029] [Fig. 17](#) ein beispielhaftes gefiltertes Bild auf der Grundlage einer Pixel-Farbintensität gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0030] [Fig. 18](#) ein beispielhaftes gefiltertes Bild, das

ein Kantenerkennungsverfahren verwendet, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0031] [Fig. 19](#) einen alternativen beispielhaften Prozess für das zweite Verarbeitungsschema gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0032] [Fig. 20](#) ein beispielhaftes Flussdiagramm zum Detektieren eines verbesserten freien Pfads gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0033] [Fig. 21](#) ein beispielhaftes Flussdiagramm zum Detektieren eines verbesserten freien Pfads gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt; und

[0034] [Fig. 22](#) graphisch solch eine iterative Analyse gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0035] Nun auf die Zeichnungen Bezug nehmend, in denen die Darstellungen lediglich dem Zweck des Erläuterns bestimmter beispielhafter Ausführungsformen und nicht dem Zweck des Einschränkens dieser dienen, zeigt [Fig. 1](#) eine beispielhafte Anordnung einer Kamera **110**, die an der Front eines Fahrzeugs **100** angeordnet ist und auf den Boden vor dem Fahrzeug **100** gerichtet ist, gemäß der Offenbarung. Die Kamera **110** steht mit dem Verarbeitungsmodul **120** in Kommunikation, das eine Logik enthält, um Eingänge von der Kamera **110** zu verarbeiten. Das Fahrzeug **100** kann auch mit einem Radarbilderfassungssystem **130** ausgestattet sein, das, wenn es vorhanden ist, auch mit dem Verarbeitungsmodul **120** in Kommunikation steht. Fachleute werden erkennen, dass das Fahrzeug **100** zusätzlich zu der Verwendung der Kamera **110** und des Radarbilderfassungssystems **130**, oder alternativ dazu, eine Anzahl von Verfahren zum Identifizieren von Straßenbedingungen verwenden könnte, die eine GPS-Information, eine Information von anderen Fahrzeugen, die mit dem Fahrzeug **100** in Kommunikation stehen, Verlaufsdaten hinsichtlich der bestimmten Fahrbahn, eine biometrische Information, wie beispielsweise Systeme, die den Blickpunkt des Fahrers lesen, ein Radarbilderfassungssystem oder andere ähnliche Systeme umfassen. Die Offenbarung hierin kann auf verschiedene Einrichtungsanordnungen angewandt werden und ist daher nicht dadurch beschränkt.

[0036] Die Kamera **110** ist eine Einrichtung, die in der Technik weithin bekannt ist und visuelle Eingänge in Form von Licht, Infrarot- oder einer anderen elektromagnetischen Strahlung (EM-Strahlung) in ein Datenformat übersetzen kann, das leicht analysiert werden kann, z. B. ein digitales Pixel-Bild. Bei einer Ausführungsform verwendet die Kamera **110** einen Sensor einer ladungsgekoppelten Einrichtung (CCD-Sensor) zum Erzeugen von Bildern, die ein Sichtfeld angeben. Vorzugsweise ist die Kamera **110**

für eine kontinuierliche Bilderzeugung, z. B. 30 erzeugte Bilder pro Sekunde, ausgestaltet. Durch die Kamera **110** erzeugte Bilder können in einem Speicher in der Kamera **110** gespeichert werden oder für eine Speicherung und/oder Analyse an das Verarbeitungsmodul **120** übertragen werden. Vorzugsweise ist jedes durch die Kamera **110** erzeugte Bild ein zweidimensionales Bild mit bekannten Pixel-Dimensionen, das mehrere identifizierbare Pixel umfasst. Die mehreren identifizierbaren Pixel können unter Verwendung eines Array gespeichert und analysiert werden. Jedes Pixel kann in dem Array als Satz von Bits oder mehrere Sätze von Bits dargestellt werden, wobei die Bits einer Farbe an einer vorbestimmten Palette oder Farbkarte entsprechen. Jedes Pixel kann als Funktion mehrerer Farbintensitätswerte, wie beispielsweise in einem Rot-Grün-Blau-Farbmodell (RGB-Farbmodell) oder einem Cyan-Magenta-Gelb-Key-Farbmodell (CMYK-Farbmodell), ausgedrückt werden. Vorzugsweise umfasst jedes Pixel mehrere Sätze von Bits, wobei jeder Satz von Bits einer Farbintensität und einem Farbintensitätswert entspricht, z. B. entspricht ein erster Satz von Bits einem Wert einer roten Farbintensitätswert, entspricht ein zweiter Satz von Bits einem Wert einer grünen Farbintensität und entspricht ein dritter Satz von Bits einem Wert einer blauen Farbintensität an dem RGB-Farbmodell.

[0037] Die Radarbilderfassungseinrichtung **130** ist eine in der Technik weithin bekannte Einrichtung, die einen Sender, der Funkwellen oder eine andere EM-Strahlung aussenden kann, eine Empfängereinrichtung, die die ausgesendeten Wellen erfassen kann, die von Objekten vor dem Sender zu dem Empfänger zurückreflektiert werden, und ein Mittel zum Übertragen der erfassten Wellen in ein Datenformat umfasst, das analysefähig ist und beispielsweise die Entfernung und den Winkel von den Objekten, von denen die Wellen reflektiert wurden, angibt. Alternativ kann die Radarbilderfassungseinrichtung **130** durch ein Light Detection And Ranging-System (LIDAR-System), das ausgestaltet ist, um optische Energie zu senden und zu empfangen, ersetzt oder ergänzt werden. Die empfangene optische Energie kann verwendet werden, um die geometrischen Abmessungen eines Objekts und/oder die geometrische Nähe zu dem Fahrzeug **100** zu ermitteln. Es sei angemerkt, dass die Radarbilderfassungseinrichtung **130** optional und nicht notwendig ist, um viele der hierin offenbarten Verfahren auszuführen, wobei die Verarbeitung von visuellen Bildern eine Detektion eines freien Pfads ausführen kann.

[0038] Das Verarbeitungsmodul **120** ist in [Fig. 1](#) gezeigt und hierin als diskretes Element beschrieben. Diese Darstellung dient der Vereinfachung der Beschreibung und es sei angemerkt, dass die durch dieses Element ausgeführten Funktionen in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein können, z.

B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung. Das Verarbeitungsmodul **120** kann ein universeller digitaler Computer sein, der einen Mikroprozessor oder eine zentrale Verarbeitungseinheit, Speichermedien mit einem nicht-flüchtigen Speicher einschließlich eines Nur-Lese-Speichers und eines elektrisch programmierbaren Nur-Lese-Speichers, einen Direktzugriffsspeicher, einen Hochgeschwindigkeitstakt, eine Analog-Digital- und eine Digital-Analog-Schaltung und eine Eingabe/Ausgabe-Schaltung und Eingabe/Ausgabe-Einrichtungen und eine geeignete Signalkonditionierungs- und -pufferschaltung umfasst. Alternativ kann das Verarbeitungsmodul **120** eine Digitalsignalverarbeitungseinheit (DSP-Einheit) sein, wie beispielsweise ein kundenspezifischer integrierter Schaltkreis wie beispielsweise ein Field Programmable Gate Array. Das Verarbeitungsmodul **120** weist einen Satz von Verarbeitungsalgorithmen auf, die residente Programmanweisungen und Kalibrierungen umfassen, die in dem nicht-flüchtigen Speicher gespeichert sind und ausgeführt werden, um gewünschte Funktionen bereitzustellen. Die Algorithmen werden vorzugsweise während vorab festgelegter Schleifenzyklen ausgeführt. Die Algorithmen werden durch die zentrale Verarbeitungseinheit ausgeführt und dienen dazu, Eingänge von den zuvor genannten Erfassungseinrichtungen zu überwachen und Steuer- und Diagnoseroutinen zum Steuern des Betriebs der Aktoren unter Verwendung voreingestellter Kalibrierungen auszuführen. Die Schleifenzyklen können mit regelmäßigen Intervallen, beispielsweise alle 3,125, 6,25, 12,5, 25 und 100 Millisekunden während des laufenden Motor- und Fahrzeugbetriebs, ausgeführt werden. Alternativ können die Algorithmen in Reaktion auf das Auftreten eines Ereignisses ausgeführt werden.

**[0039]** Das Verarbeitungsmodul **120** führt einen darin gespeicherten algorithmischen Code aus, um in Beziehung stehende Geräte, wie beispielsweise die Kamera **110** und das Radarbilderfassungssystem **130**, zu überwachen und Befehle oder Datenübertragungen wie durch die Analyse, die in dem Verarbeitungsmodul durchgeführt wird, angeben auszuführen. Das Verarbeitungsmodul **120** kann Algorithmen und Mechanismen zum Betätigen einer autonomen Fahrsteuerung durch Mittel, die in der Technik bekannt und hierin nicht beschrieben sind, umfassen, oder das Verarbeitungsmodul **120** kann einfach eine Information an ein separates autonomes Fahrsystem liefern. Das Verarbeitungsmodul **120** ist geeignet, um in Abhängigkeit von der genauen Ausführungsform, die in Verbindung mit dem Steuermodul verwendet wird, nach Bedarf Eingangssignale von anderen Systemen und dem Bediener zu empfangen.

**[0040]** [Fig. 2](#) zeigt ein bekanntes Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads zum autonomen Fahren gemäß der Offenbarung. Entsprechend der Fahr-

bahn vor dem Fahrzeug **100** wird ein Bild **10** erzeugt. In einem von verschiedenen Verfahren werden die Objekte **40A**, **40B** und **40C** im Bild **10** identifiziert und wird jedes Objekt gemäß einer Filterung und trainierten Objektverhalten kategorisiert und klassifiziert. Eine separate Behandlung jedes Objekts kann rechenintensiv sein und erfordert teure und unhandliche Geräte zum Bewältigen der Rechenlast. Ein Algorithmus verarbeitet alle verfügbaren Informationen bezüglich der Fahrbahn und der Objekte **40** zum Schätzen eines für das Fahrzeug **100** verfügbaren freien Pfads. Die Ermittlung des freien Pfads hängt von den bestimmten Klassifizierungen und Verhalten der identifizierten Objekte **40** ab.

**[0041]** [Fig. 3](#) zeigt ein beispielhaftes Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads für ein autonomes oder semiautonomes Fahren gemäß der Offenbarung. Das Bild **10** ist als einen Boden **20**, einen Horizont **30** und Objekte **40** umfassend gezeigt. Das Bild **10** wird durch die Kamera **110** erfasst und stellt die Straßenumgebung vor dem Fahrzeug **100** dar. Der Boden **20** stellt die Zone aller verfügbaren Pfade, die für eine Fahrt offen sind, ohne jegliche Unterscheidung auf der Grundlage von Objekten, die vorhanden sein könnten, dar. Das Verfahren von [Fig. 3](#), das einen freien Pfad auf dem Boden **20** ermittelt, beginnt durch die Annahme, dass der gesamte Boden **20** frei ist, und verwendet dann verfügbare Daten, um Abschnitte des Bodens **20** als nicht frei auszuschließen. Im Gegensatz zu dem Verfahren von [Fig. 2](#), das jedes Objekt **40** klassifiziert, analysiert das Verfahren von [Fig. 3](#) stattdessen den Boden **20** und versucht es, aus verfügbaren Daten eine Wahrscheinlichkeit zu definieren, dass eine detektierbare Abweichung, die das Objekt **40** darstellen kann, diesen Abschnitt des Bodens **20** einschränkt oder nicht frei macht. Dieser Fokus auf den Boden **20** anstatt auf die Objekte **40** vermeidet die mit dem Verwalten der Detektion der Objekte in Verbindung stehenden komplexen Rechen-Tasks. Eine individuelle Klassifizierung und Verfolgung einzelner Objekte ist unnötig, da die einzelnen Objekte **40** einfach als Teil der gesamten einheitlichen Einschränkung auf dem Boden **20** miteinander gruppiert werden. Der Boden **20**, der oben als alle zum Fahren offene Pfade ohne Unterscheidung beschrieben ist, minus die Einschränkungen, die auf dem Boden **20** durch als nicht frei befundene Bereiche angeordnet sind, definieren einen freien Pfad **50**, der in [Fig. 3](#) als der Bereich innerhalb der gestrichelten Linien gezeigt ist, oder einen Bereich, der mit einer Schwellenwertwahrscheinlichkeit für eine Fahrt des Fahrzeugs **100** offen ist.

**[0042]** Das Objekt **40**, das auf dem Boden **20** nicht freie Einschränkungen erzeugt, kann viele Formen annehmen. Beispielsweise kann ein Objekt **40** ein diskretes Objekt darstellen, wie beispielsweise ein geparktes Auto, einen Fußgänger oder ein Straßenhindernis, oder kann ein Objekt **40** auch eine weniger



diskrete Änderung der Flächenmuster darstellen, die einen Rand zu einer Straße angibt, wie beispielsweise einen Bordstein, eine Seitenbegrenzung zur Wiese oder Wasser, das die Fahrbahn bedeckt. Das Objekt **40** kann auch ein Nichtvorhandensein einer mit dem Boden **20** in Verbindung stehenden ebenen Straße umfassen, wie es beispielsweise bei einem großen Loch in der Straße detektiert werden könnte. Das Objekt **40** kann auch einen Indikator ohne irgendeine definierbare Höhenänderung von der Straße, jedoch mit klaren Auswirkungen auf einen freien Pfad für dieses Segment der Straße, wie beispielsweise ein Farbmuster auf der Fahrbahn, das eine Spurmarkierung angibt, umfassen. Das hierin offenbarte Verfahren, das nicht versucht, ein Objekt **40** zu identifizieren, sondern lediglich visuelle Hinweise von dem Boden **20** und allem in der Nähe des Bodens in dem Bild **10** aufzunehmen, bewertet eine Wahrscheinlichkeit von frei gegenüber nicht frei und passt die Steuerung des Fahrzeugs **100** für das Vorhandensein jedes Objekts **40** an.

**[0043]** Es sind zahlreiche Verfahren für eine automatisierte Analyse von zweidimensionalen Bildern (2D-Bildern) möglich. Durch einen Algorithmus in dem Verarbeitungsmodul **120** wird eine Analyse des Bilds **10** durchgeführt. [Fig. 4](#) zeigt ein beispielhaftes Verfahren, das angewandt werden kann, um das Bild **10** gemäß der Offenbarung zu analysieren. Dieses Verfahren unterteilt das Bild **10** und identifiziert ein Subbild oder ein Stück **60** des Bodens **20** für eine Analyse, extrahiert Merkmale oder analysiert die verfügbare visuelle Information von dem Stück **60**, um irgendwelche interessierenden oder unterscheidenden Merkmale innerhalb des Stücks zu identifizieren, und klassifiziert das Stück gemäß der Wahrscheinlichkeit, dass es gemäß der Analyse der Merkmale ein freier Pfad ist. Die Stücke, die mit einer Wahrscheinlichkeit, die größer als ein bestimmter Schwellenwert ist, als frei klassifiziert werden, und eine Zusammenstellung der Stücke können verwendet werden, um einen freien Pfad in dem Bild zusammenzusetzen.

**[0044]** Das Stück **60** kann, als ein Subbild des Bilds **10**, durch ein beliebiges bekanntes Mittel identifiziert werden, wie beispielsweise eine Zufallssuche oder eine Scharsuche des Bilds **10**. Alternativ kann eine Information bezüglich des Vorhandenseins eines Objekts **40**, die von einer anderen Informationsquelle, wie beispielsweise dem Radarbilderfassungssystem **130**, verfügbar ist, verwendet werden, um ein Stück zu identifizieren, um den Abschnitt des Bilds **10** zu analysieren, der das Objekt **40** beschreiben sollte. Das Bild **10** kann viele Stücke **60** zum Analysieren des gesamten Bilds erfordern. Ferner könnten mehrere sich überlagernde Stücke oder Stücke verschiedener Größe verwendet werden, um ein Gebiet des Bilds **10**, das eine interessierende Information enthält, vollständig zu analysieren. Beispielsweise könn-

te ein kleines Stück **60** verwendet werden, um einen kleinen Punkt auf der Straße zu analysieren; es könnte jedoch ein großes Stück **60** erforderlich sein, um eine Reihe von Punkten zu analysieren, die allein uninteressant scheinen könnten, jedoch im Kontext der gesamten Reihe ein interessierendes Objekt **40** angeben könnten. Ferner kann die Auflösung von Stücken, die auf einen bestimmten Bereich angewandt werden, auf der Grundlage einer verfügbaren Information moduliert werden, wobei beispielsweise mehrere Stücke auf ein Gebiet des Bilds **10** angewandt werden, von dem geglaubt wird, dass ein Objekt **40** in ihm existiert. Es können viele Schemas oder Strategien zum Definieren der Stücke **60** für eine Analyse verwendet werden, und die Offenbarung soll nicht auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt sein.

**[0045]** Sobald ein Stück **60** für eine Analyse identifiziert wurde, verarbeitet das Verarbeitungsmodul **120** das Stück durch eine Anwendung eines Filters zum Extrahieren von Merkmalen aus dem Stück. Ferner kann das Verarbeitungsmodul **120** eine Analyse des Orts des Stücks in dem Kontext des Orts des Fahrzeugs durchführen. Die verwendeten Filter können viele Formen annehmen. Die zum Extrahieren von Merkmalen verwendeten Filteralgorithmen durchsuchen oftmals die verfügbare visuelle Information hinsichtlich charakteristischer Muster in den Daten, wobei die Merkmale durch eine Spurausrichtung, einen Spurort, eine Farbe, Eckeneigenschaften, andere visuelle Attribute und gelernte Attribute definiert sind. Die gelernten Attribute können durch Maschinenlernalgorithmen in dem Fahrzeug gelernt werden, werden aber zumeist offline programmiert und können experimentell, empirisch, prädiktiv, durch Modellierung oder andere Techniken entwickelt werden, die geeignet sind, um unterscheidende Attribute genau zu trainieren.

**[0046]** Sobald Merkmale in dem Stück **60** extrahiert wurden, wird das Stück auf der Grundlage der Merkmale klassifiziert, um die Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, dass der Pfad ein freier Pfad ist. Eine Wahrscheinlichkeitsanalyse ist ein in der Technik bekannter Prozess, durch den ein Wahrscheinlichkeitswert oder eine Konfidenz entwickelt wird, dass eine bestimmte Bedingung existiert. Bei einer Anwendung auf die vorliegende Offenbarung umfasst eine Klassifizierung eine Wahrscheinlichkeitsanalyse, um zu ermitteln, ob das Stück einen freien Pfad darstellt oder ob der Boden **20** in diesem Stück durch ein Objekt **40** eingeschränkt ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird die Klassifizierung durch eine Anwendung von Klassifizierern oder Algorithmen durchgeführt, die mit einer Datenbank von beispielhaften Straßenbedingungen und Interaktionen mit detektierten Objekten trainiert werden. Diese Klassifizierer ermöglichen dem Verarbeitungsmodul **120**, einen Bruch-Wahrscheinlichkeitswert eines freien Pfads für

das Stück **60** zu entwickeln, wobei eine Konfidenz zwischen Null und Eins, dass die in dem Stück identifizierten Merkmale kein einschränkendes Objekt **40** angeben, das eine freie Fahrt des Fahrzeugs **100** verhindern würde, quantitativ bestimmt wird. Es kann eine Schwellenwertkonfidenz festgelegt werden, die die Wahrscheinlichkeit eines freien Pfads definiert, die erforderlich ist, um das Stück als freien Pfad zu definieren, und zwar beispielsweise durch die folgende Logik:

Konfidenz = WahrscheinlichkeitFreierPfad(i)  
 Wenn\_Konfidenz > 0,5, dann\_Stück = freierPfad (1)

**[0047]** Bei dieser bestimmten beispielhaften Ausführungsform wird eine Konfidenz von 50% oder 0,5 als Schwellenwertkonfidenz ausgewählt. Diese Zahl kann experimentell, empirisch, prädiktiv, über Modellerstellung oder andere Techniken, die zum genauen Bewerten von Stücken hinsichtlich Eigenschaften eines freien Pfads geeignet sind, entwickelt werden.

**[0048]** Die Wahrscheinlichkeitsanalyse kann wie oben erwähnt bei einer beispielhaften Ausführungsform durch Anwenden von trainierten Klassifizierern auf aus einem Stück extrahierte Merkmale durchgeführt werden. Ein Verfahren analysiert die Merkmale a priori unter Verwendung eines Trainingsbildsatzes. In dieser Trainingsstufe werden unterscheidende Merkmale aus einem rohen Merkmalsatz ausgewählt, wobei die unterscheidenden Merkmale durch in der Technik bekannte Verfahren, wie beispielsweise Haar-Wavelet, Gabor-Wavelet und Leung-Malik-Filterbank, definiert werden. Ferner kann eine 2D-Bildortsinformation auf der Grundlage minimaler Klassifizierungsfehler jedes Merkmals, berechnet als die Summe einer Falschakzeptanzrate (FAR) und einer Falschrückweisungsrate (FRR), durch Abstimmen eines einzelnen Schwellenwerts verwendet werden, wie es in [Fig. 5](#) gezeigt ist. Dieser Klassifizierungsfehler kann durch den folgenden Ausdruck beschrieben werden:

Klassifizierungsfehler(i) = FAR<sub>i</sub> + FRR<sub>i</sub> (2)

**[0049]** Die Information von den trainierten Klassifizierern wird verwendet, um das Merkmal als einen freien Pfad oder einen nicht freien Pfad angehend zu klassifizieren oder zu gewichten, wobei die bestimmte Klassifizierung von der Stärke von Vergleichen mit den trainierten Daten abhängt. Die Klassifizierung des Merkmals kann, wenn das Merkmal das einzige Merkmal in dem Stück ist, direkt auf das Stück angewandt werden. Die Klassifizierung eines Stücks mit mehreren identifizierten Merkmalen kann viele Formen annehmen, die umfassen, dass das Stück durch das umfasste Merkmal definiert wird, das am stärksten darauf hinweist, dass das Stück nicht frei ist, oder dass das Stück durch eine gewichtete Summe aller darin umfasster Merkmale definiert wird.

**[0050]** Das obige Verfahren kann verwendet werden, um ein einzelnes Bild **10** zu prüfen und auf der Grundlage der visuellen Information, die in dem Bild **10** enthalten ist, einen freien Pfad **50** zu schätzen. Dieses Verfahren kann mit einem Intervall wiederholt werden, wenn das Fahrzeug die Straße entlangfährt, um neue Informationen zu berücksichtigen und den formulierten freien Pfad auf einen Bereich vor der neuen Position des Fahrzeugs zu erweitern. Die Wahl des Intervalls muss das Bild **10** mit einer ausreichenden Häufigkeit aktualisieren, um dem Fahrzeug **100** einen freien Pfad genau bereitzustellen, auf dem es fahren kann. Das Intervall kann jedoch auch als ein Minimalwert gewählt werden, um das Fahrzeug geeignet zu steuern, die dem Verarbeitungsmodul **120** auferlegte Rechenlast jedoch auch nicht übermäßig zu erhöhen.

**[0051]** Die Detektion eines freien Pfads kann wie oben beschrieben durch ein einzelnes Bild **10** erreicht werden. Mit dem Hinzufügen eines zweiten Bilds, das zeitlich nahe an dem ursprünglichen Bild aufgenommen wird, wie beispielsweise sequentielle Bilder von einem Streaming-Video-Clip, können jedoch die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Genauigkeit verbessert werden. Ein zweites Bild ermöglicht einen direkten Vergleich mit dem ersten und sorgt für eine aktualisierte Information hinsichtlich des Verlaufs des Fahrzeugs und der Bewegung von detektierten Objekten. Die Änderung der Perspektive der Kamera **110** ermöglicht auch eine andere Analyse von Merkmalen von dem ersten Bild: ein Merkmal, das in dem ersten Bild möglicherweise nicht deutlich auftauchte oder undeutlich war, kann unter einem anderen Kamerawinkel angezeigt werden, kann deutlicher auffallen oder kann sich seit dem ersten Bild bewegt haben, was dem Klassifizierungsalgorithmus eine zusätzliche Möglichkeit zum Definieren des Merkmals ermöglicht.

**[0052]** Ein Verarbeiten eines zweiten Bilds in Bezug auf das ursprüngliche Bild **10** kann durch Berechnen einer Bilddifferenz durchgeführt werden. Wenn die Bilddifferenz eines interessierenden Punkts, wie beispielsweise eines durch Radar identifizierten Merkmals, nicht Null ist, kann der Punkt als eine neue Information umfassend identifiziert werden. Punkte, bei denen die Bilddifferenz gleich Null ist, können bei der Analyse weggelassen werden, und Rechenressourcen können eingespart werden. Verfahren zum Ermitteln einer Bilddifferenz umfassen eine absolute Bildintensitätsdifferenz und eine fahrzeuggesteuerte Bilddifferenz.

**[0053]** Ein Ermitteln einer Bilddifferenz durch Berechnen einer absoluten Bildintensitätsdifferenz kann verwendet werden, um eine Information zwischen zwei Bildern zu sammeln. Ein Verfahren einer absoluten Bildintensitätsdifferenz umfasst das Ermitteln äquivalenter Bildeigenschaften zwischen dem ur-

sprünglichen Bild und dem zweiten Bild, um eine Bewegung des Fahrzeugs zwischen den Bildern zu kompensieren, das Überlagern der Bilder und das Notieren jeder signifikanten Änderung der Intensität zwischen den Bildern. Ein Vergleich zwischen den Bildern, der eine Änderung der Bildintensität in einem bestimmten Bereich angibt, enthält eine neue Information. Bereichen oder Stücken, die keine Intensitätsänderung anzeigen, kann bei der Analyse weniger Aufmerksamkeit geschenkt werden, wohingegen man sich auf Bereiche konzentrieren kann, die deutliche Intensitätsänderungen anzeigen, wobei die zuvor genannten Verfahren zum Analysieren von Stücken an einem oder beiden erfassten Bildern verwendet werden.

[0054] [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) zeigen eine beispielhafte Ermittlung einer Bilddifferenz durch Berechnen einer absoluten Bildintensitätsdifferenz gemäß der Offenbarung. [Fig. 6A](#) zeigt ein ursprüngliches Bild. [Fig. 6B](#) zeigt ein zweites Bild mit Änderungen zu dem ursprünglichen Bild. Im Speziellen hat sich die gezeigte Kreisform nach links verschoben. Ein Vergleich der beiden Bilder wie in [Fig. 6C](#) gezeigt, ein Ausgang, der das Ergebnis eines Vergleichs einer absoluten Bildintensitätsdifferenz darstellt, identifiziert ein Gebiet, das von dem ersten Bild zu dem zweiten Bild dunkler geworden ist, und ein anderes Gebiet, das von dem ersten Bild zu dem zweiten Bild heller geworden ist. Solch ein Verfahren kann als differenzieren beschrieben werden. Eine Analyse des Vergleichs liefert die Information, dass in diesem Gebiet der Bilder wahrscheinlich eine Änderung als Ergebnis einer Bewegung oder eine Änderung der Perspektive vorliegt. Auf diese Weise kann eine absolute Bildintensitätsdifferenz verwendet werden, um ein Paar von sequentiellen Bildern zum Identifizieren eines potentiell nicht freien Pfads zu analysieren.

[0055] Ähnlich kann ein Ermitteln einer Bilddifferenz durch Berechnen einer fahrzeugsbewegungskompensierten Bilddifferenz verwendet werden, um eine Information zwischen zwei Bildern zu erfassen. Es sind viele Verfahren zum Berechnen einer fahrzeugsbewegungskompensierten Bilddifferenz bekannt. Ein beispielhaftes Verfahren einer fahrzeugsbewegungskompensierten Bilddifferenz umfasst das gleichzeitige Analysieren eines potentiellen Objekts als sowohl ein stationärer Abschnitt eines freien Pfads als auch ein detektiertes Objekt. Es wird eine Wahrscheinlichkeitsanalyse an Merkmalen durchgeführt, die entsprechend dem potentiellen Objekt aus beiden Klassifizierungen gleichzeitig identifiziert werden, und die Klassifizierungen können beispielsweise durch die folgende Logik verglichen werden:

Konfidenz(i) =  
WahrscheinlichkeitFreierPfad(i) – WahrscheinlichkeitDetektiertesObjekt(i)

Wenn\_Konfidenz > 0, dann\_Stück = freierPfad (3)

[0056] Wenn bei diesem beispielhaften Vergleich Konfidenz(i) größer als Null ist, wird das Stück, das das Merkmal enthält, als freier Pfad klassifiziert. Wenn Konfidenz(i) kleiner oder gleich Null ist, wird das Stück, das das Merkmal enthält, als nicht freier Pfad oder eingeschränkt klassifiziert. Es können jedoch verschiedene Werte für das Konfidenzniveau zum Klassifizieren des Stücks als freier Pfad ausgewählt werden. Beispielsweise kann ein Testen zeigen, dass falsche positive Ergebnisse wahrscheinlicher sind als falsche negative Ergebnisse, und somit kann ein Faktor oder Offset eingeführt werden.

[0057] [Fig. 7](#) zeigt ein Verfahren zum gleichzeitigen Klassifizieren eines Merkmals als Abschnitt eines freien Pfads und als detektiertes Objekt, wie es oben gemäß der Offenbarung beschrieben ist. Das Bild **10** umfasst das Objekt **40**, eine trapezförmige Projektion **70** und eine rechteckige Projektion **80**. Dieses Verfahren verwendet eine Annahme, die das Objekt **40** innerhalb der Projektion **70** als flaches Objekt auf den Boden projiziert, um die Klassifizierung des Merkmals als Abschnitt eines freien Pfads zu testen. Das Verfahren verwendet auch eine Annahme, die das Objekt **40** innerhalb der rechteckigen Projektion **80** als vertikales Objekt projiziert, um die Klassifizierung des Merkmals als ein detektiertes Objekt zu testen. [Fig. 8](#) zeigt Vergleiche, die mit den gesammelten Daten zwischen den beiden Bildern gezogen werden, zum Bewerten der Natur des Objekts **40** gemäß der Offenbarung. Die Kamera **110** beobachtet und erfasst zum Zeitpunkt  $t_1$  Daten von dem Objekt **40** in Form eines ersten Bilds. Wenn das Objekt **40** ein tatsächliches detektiertes Objekt ist, entspricht das durch die Kamera **110** beobachtete Profil des Objekts **40** zum Zeitpunkt  $t_1$  einem Punkt **90A**. Wenn das Objekt **40** ein flaches Objekt in der gleichen Ebene wie der Boden **20** ist, entspricht das durch die Kamera **110** beobachtete Profil des Objekts **40** zum Zeitpunkt  $t_1$  einem Punkt **90B**. Zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  bewegt sich die Kamera **110** eine Distanz. Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird ein zweites Bild erfasst, und eine Information bezüglich des Objekts **40** kann durch Anwenden eines Algorithmus getestet werden, der sichtbare Attribute des Objekts in dem zweiten Bild im Vergleich zu dem ersten Bild betrachtet. Wenn das Objekt **40** ein tatsächliches detektiertes Objekt ist, das sich von dem Boden **20** nach oben erstreckt, wird zum Zeitpunkt  $t_2$  das Profil des Objekts **40** bei Punkt **90C** beobachtet. Wenn das Objekt **40** ein flaches Objekt in der gleichen Ebene wie der Boden **20** ist, wird das Profil des Objekts **40** zum Zeitpunkt  $t_2$  bei Punkt **90B** beobachtet. Der durch die fahrzeugsbewegungskompensierte Bilddifferenz abgeleitete Vergleich kann durch Anwendung von Klassifizierern auf der Grundlage der Beobachtungen der Punkte **90** direkt eine Konfidenz zuordnen, oder der Vergleich kann einfach auf den Bereich hinweisen, der die Änderung



als interessierenden Punkt anzeigt. Ein Testen des Objekts hinsichtlich beider Klassifizierungen, als flaches Objekt und als tatsächliches detektiertes Objekt, ermöglicht entweder, dass der Bereich, der das Objekt **40** umfasst, für eine weitere Analyse durch eine Analyse eines Stücks wie oben beschrieben identifiziert wird, oder eine direkte Entwicklung einer Wahrscheinlichkeit eines freien Pfads und einer Wahrscheinlichkeit eines detektierten Objekts zum Vergleich, wie beispielsweise in dem obigen logischen Ausdruck (3).

**[0058]** Die aus der Analyse des zweiten Bilds verfügbare Information kann zusätzlich durch Integration einer Information bezüglich einer Bewegung des Fahrzeugs, wie beispielsweise Drehzahl und Gierrate, verbessert werden. Eine Information bezüglich der Fahrzeugbewegung steht von einer Anzahl von Quellen zur Verfügung, die den Fahrzeuggeschwindigkeitsmesser, Fahrzeugdynamiksensoren oder Raddrehzahlsensoren, Antiblockiermechanismen und GPS-Ortssysteme umfassen. Die Algorithmen können diese Fahrzeugbewegungsinformation beispielsweise in Verbindung mit den in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) beschriebenen Projektionen verwenden, um Winkel, die bei einem Merkmal vorliegen sollten, das flach auf dem Boden liegt, im zweiten Bild auf der Grundlage von Daten von dem ersten Bild und der gemessenen Bewegung des Fahrzeugs zwischen den Bildern zu projizieren.

**[0059]** Die Anzahl von Bildern, die für einen Vergleich verwendet werden, muss nicht auf Zwei begrenzt sein. Es kann eine Mehrbildanalyse mit mehreren Iterationen durchgeführt werden, wobei ein Objekt über eine Anzahl von Zyklen verfolgt und verglichen wird. Wie oben erwähnt kann die Recheneffizienz erhöht werden, indem eine Bilddifferenzanalyse zum Identifizieren von interessierenden Punkten verwendet wird und Bereiche mit einer Differenz von Null bei den nachfolgenden Analysen weggelassen werden. Solche Effizienzen können bei mehreren Iterationen verwendet werden, wobei beispielsweise nur zwischen einem ersten und einem zweiten Bild identifizierte interessierende Punkte in dem dritten und vierten aufgenommenen Bild analysiert werden. An einer Stelle muss ein frischer Satz von Bildern verglichen werden, um sicherzustellen, dass in keinem der Bereiche, die eine Differenz von Null zeigen, eine Änderung aufgetreten ist, wie beispielsweise ein sich bewegendes Objekt, das auf einem zuvor freien Pfad auftaucht. Die Verwendung von Bilddifferenzanalysen und fokussierten Analysen, wobei mit einer Änderung von Null identifizierte Bereiche weggelassen werden, variiert von Anwendung zu Anwendung und kann zwischen verschiedenen Betriebsbedingungen, wie beispielsweise Fahrzeuggeschwindigkeit oder wahrgenommene Betriebsumgebung, variieren. Die spezielle Verwendung der Bilddifferenzanalysen und der fokussierten Analysen kann viele verschiedene

Ausführungsformen umfassen, und die Offenbarung soll nicht auf die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt sein.

**[0060]** [Fig. 9](#) zeigt einen beispielhaften Prozess **200**, bei dem ein Eingang von einer Kamera analysiert wird, um eine Wahrscheinlichkeit eines freien Pfads zu ermitteln, gemäß der Offenbarung. In Schritt **202** wird ein Kameraeingang in Form eines Bilds erzeugt. In Schritt **204** wird aus dem Bild ein Stück für eine Analyse ausgewählt. Schritt **206** stellt ein Filter oder einen Satz von Filtern, die zum Verarbeiten des Stücks zur Verfügung stehen, dar. In Schritt **208** wird an dem ausgewählten Pfad durch Anwendung der Filter, die aus Schritt **206** zur Verfügung stehen, und Anwendung anderer Algorithmen eine Merkmalsextraktion durchgeführt. Es sei angemerkt, dass einige Merkmale eine Bedeutung haben und andere nicht, und dass ein Prozess einer Merkmalsauswahl verwendet werden kann, um eine Gruppe von besten Merkmalen für eine Analyse zu identifizieren. Schritt **210** umfasst einen Klassifizierertrainingsprozess. Wie oben erwähnt werden Klassifizierer oder eine Logik, die beim Entwickeln von Wahrscheinlichkeitswerten verwendet werden, anfänglich offline trainiert. Auf der Grundlage von Fuzzy-Logik, neuronalen Netzen oder anderen in der Technik bekannten Lernmechanismen kann optional ein Training in dem Fahrzeug fortgeführt werden. Diese trainierten Klassifizierer werden in Schritt **212** verwendet, um an den in Schritt **208** extrahierten Merkmalen eine Wahrscheinlichkeitsanalyse durchzuführen, und es wird ein Wahrscheinlichkeitswert für das Stück entwickelt. Dieser Wahrscheinlichkeitswert drückt eine Konfidenz aus, dass das ausgewählte Stück frei ist. In Schritt **214** wird der in Schritt **212** entwickelte Wahrscheinlichkeitswert mit einem Schwellenwertwahrscheinlichkeitswert verglichen. Wenn der Wahrscheinlichkeitswert größer als der Schwellenwert ist, wird das Stück in Schritt **218** als freier Pfad identifiziert. Wenn der Wahrscheinlichkeitswert nicht größer als der Schwellenwert ist, wird das Stück als nicht freier Pfad identifiziert. Wie oben beschrieben kann der Prozess **200** auf eine Anzahl von Arten wiederholt oder reiteriert werden, wobei das gleiche Bild mit der Auswahl und Analyse von unterschiedlichen Stücken wiederholt analysiert wird, und ein identifiziertes Stück hinsichtlich einer Änderung über einer Anzahl von sequentiellen Bildern verfolgt und analysiert werden kann.

**[0061]** Wie oben erwähnt kann das Verarbeitungsmodul **120** Algorithmen und Mechanismen zum Betätigen einer autonomen Fahrsteuerung durch ein in der Technik bekanntes und hierin nicht beschriebenes Mittel umfassen oder kann das Verarbeitungsmodul **120** einfach eine Information an ein separates autonomes Fahrsystem liefern. Die Reaktionen auf wahrgenommene Objekte können variieren und umfassen ohne Einschränkung Lenkänderungen, Drosseländerungen, Bremsantworten und dass der Be-

diener des Fahrzeugs gewarnt wird und dass die Steuerung des Fahrzeugs dem Bediener überlassen wird.

**[0062]** Das obige Verfahren, das eine Analyse von Stücken verwendet, ist ein Verfahren zum Herstellen eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug. Es werden zwei zusätzliche, in Beziehung stehende Verarbeitungsschemas offenbart, die ähnliche Verfahren zum Analysieren von Pixeln anstatt von Stücken einsetzen. Es wird ein erstes Verarbeitungsschema offenbart, das strukturreiche Verfahren zum Analysieren von Bildern zum Identifizieren eines freien Pfads verwendet. [Fig. 10](#) zeigt ein erstes Verarbeitungsschema **101** zum Detektieren eines freien Pfads, das hierin als diskrete Elemente umfassend beschrieben ist. Solch eine Darstellung dient der Vereinfachung der Beschreibung und es ist zu erkennen, dass die durch diese Elemente durchgeführten Funktionen in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein können, z. B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung.

**[0063]** Das Verarbeitungsschema **101** ist ein beispielhaftes Verfahren zum Anwenden einer strukturreichen Bildanalyse eines Sichtfelds vor dem Host-Fahrzeug und beginnt mit Schritt **103**, in dem Bilder des Sichtfelds vor dem Fahrzeug erzeugt werden. In Schritt **106** werden die überwachten Bilder hinsichtlich interessierender Punkte geprüft, wobei beispielsweise eine Pixel-Farbintensität wie hierin oben beschrieben geprüft wird und das Pixel oder eine Gruppe von Pixeln mit umgebenden Pixeln verglichen wird. Durch in der Technik bekannte Verfahren können interessierende Punkte identifiziert und verwendet werden, um hierin beschriebene Verfahren auszuführen. In Schritt **109** werden sequentielle Bilder des Sichtfelds vor dem Fahrzeug verglichen, wenn sich das Fahrzeug bewegt, und werden interessierende Punkte von jedem Bild mit entsprechenden Punkten in sequentiellen Bildern, die den gleichen Punkten in dem Sichtfeld entsprechen, in Übereinstimmung gebracht, wenn dies möglich ist. Ein Inübereinstimmungbringen umfasst ein Lokalisieren entsprechender Punkte durch eine Inübereinstimmungbringung mit einer Vorlage (template matching) oder ein Vergleichen von interessierenden Punkten an den sequentiellen Bildern, ein Berücksichtigen der Bewegung des Host-Fahrzeugs und ein Erzeugen eines besten Schätzwerts, ob zwei Punkte das gleiche Objekt oder Merkmal darstellen, das in dem Sichtfeld sichtbar ist. Wenn interessierende Punkte in Übereinstimmung gebracht werden können, stellen nicht alle Paare von in Übereinstimmung gebrachten entsprechenden Punkten Paare von entsprechenden Punkten mit hoher Qualität dar, die die Identifikation ihrer dreidimensionalen Positionen in dem Sichtfeld für Klassifizierungen als freier Pfad für eine Durchfahrt des Fahrzeugs ermöglichen. In Schritt **112** wird ein

Filter auf die Paare von in Übereinstimmung gebrachten entsprechenden Punkten angewandt, um Paare von entsprechenden Punkten mit hoher Qualität zu identifizieren, die für eine dreidimensionale Positionidentifikation mit hoher Konfidenz verwendet werden können. In Schritt **115** werden die Paare von entsprechenden Punkten mit hoher Qualität analysiert, um dreidimensionale Positionen von Objekten zu ermitteln, die durch die Paare von entsprechenden Punkten dargestellt werden. Es sei angemerkt, dass sich entsprechende Punkte an verschiedenen Höhen im Vergleich zum Bodenniveau zwischen sequentiellen Bildern unterschiedlich bewegen. Ein Analysieren der Bewegung der interessierenden Punkte kann geschätzte dreidimensionale Koordinaten der interessierenden Punkte liefern. In Schritt **118** werden die ermittelten Objektpositionen verwendet, um Objektpositionen vor dem Host-Fahrzeug abzubilden. In Schritt **121** wird die Abbildung verwendet, um einen freien Pfad vor dem Host-Fahrzeug zu ermitteln.

**[0064]** [Fig. 11](#) zeigt ein beispielhaftes momentanes Bild (k) **500**, das einen beispielhaften Satz von interessierenden Punkten **501** umfasst, die an dem momentanen Bild (k) identifiziert werden, wobei jeder interessierende Punkt **501** einem Pixel entspricht. Das Verarbeitungsmodul **120** identifiziert vorzugsweise interessierende Punkte **501** an jedem erzeugten Bild einschließlich des momentanen Bilds (k) **500** und eines vorherigen Bilds (k - 1). Ein interessierender Punkt **501** ist ein identifizierbares Pixel an einem Bild und ist einem Satz von visuellen Informationen, d. h. strukturreichen Merkmalen, zugeordnet und ist Objekten, die sich in dem Sichtfeld befinden, zugeordnet. Das beispielhafte Sichtfeld oder die beispielhafte Ansicht, das bzw. die in [Fig. 11](#) gezeigt ist, umfasst eine Fahrbahn **510**, Teilabschnitte **515** auf der Fahrbahn, Randsteine **520** und **521**, Spurmarkierungen **522**, eine kreuzende Spur **526** und Gebäude **524** und **525**. In der Ansicht werden interessierende Kandidatenpunkte **501** durch eine Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte identifiziert, woraus ein Satz von interessierenden Punkten **501** ausgewählt werden kann. Die Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte wird an den Bildern mittels eines von verschiedenen bekannten Verfahren ausgeführt, z. B. einer skaleninvarianten Merkmalstransformation (SIFT), Verfahren, die eine Eckendetektion oder eine Detektion anderer Formen einsetzen, oder eines Sobel-Filters. Die Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte wird vorzugsweise in dem Verarbeitungsmodul **120** ausgeführt, kann jedoch in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein, z. B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung. Die Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte lokalisiert interessierende Kandidatenpunkte **501** in jedem Bild entsprechend vorbestimmten identifizierbaren strukturreichen Merkmalen, z. B. Pixel, die eine Kante ange-

ben, Pixel, die einen Übergang in den visuellen Daten angeben, wobei in der Ansicht potentiell signifikante Merkmale identifiziert werden können. Bei der beispielhaften Ansicht von [Fig. 11](#) wird aus den vielen identifizierten interessierenden Punkten **501** ein Punkt, **501A**, an einer Ecke identifiziert, die an einem Teilabschnitt **505** an dem Randstein **520** ausgebildet ist.

**[0065]** Nach dem Identifizieren von interessierenden Kandidatenpunkten **501** kann die Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte die interessierenden Kandidatenpunkte durch Entfernen redundanter interessierender Kandidatenpunkte, z. B. interessierender Kandidatenpunkte, die einem gleichen Merkmal entsprechen, filtern. Beispielsweise kann die Programmierung einer Extraktion interessierender Punkte mehrere interessierende Kandidatenpunkte, die einer Kante entsprechen, filtern, was zu weniger interessierenden Kandidatenpunkten, die der Kante entsprechen, führt. Der verbleibende Satz von interessierenden Kandidatenpunkten umfasst die interessierenden Punkte für das Bild. Bei einer Ausführungsform wird für eine Recheneffizienz ein Filtern redundanter interessierender Kandidatenpunkte ausgeführt.

**[0066]** Sobald die interessierenden Punkte **501** in einem momentanen Bild (k) **500** identifiziert sind, bringt das Verarbeitungsmodul **120** den Satz von interessierenden Punkten von dem momentanen Bild (k) mit einem Satz von von dem vorherigen Bild (k - 1) identifizierten Punkten in Übereinstimmung, um einen Satz von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten zu ermitteln, was Schritt **109** in dem Prozess **101** entspricht.

**[0067]** Ein erstes Verfahren zum Ermitteln eines Satzes von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten umfasst das Verwenden einer Programmierung einer Korrespondenzinübereinstimmungbringung, um interessierende Punkte von einem momentanen Bild (k) und einem vorherigen Bild (k - 1) in Übereinstimmung zu bringen. Das Verarbeitungsmodul **120** bringt den Satz von interessierenden Punkten von dem momentanen Bild (k) mit einem Satz von interessierenden Punkten in Übereinstimmung, die in dem vorherigen Bild (k - 1) identifiziert wurden, um einen Satz von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten interessierenden Punkten zu ermitteln. [Fig. 12](#) zeigt ein beispielhaftes momentanes Bild (k), das nach dem in [Fig. 11](#) gezeigten Bild erfasst wurde. Das beispielhafte momentane Bild (k) **530** stellt ein dem in [Fig. 11](#) gezeigten Bild folgend erfasstes Bild dar, wobei die Perspektive des Betrachters zwischen den Bildern entlang der betrachteten Straße geringfügig vorangeschritten ist. In dieser beispielhaften Situation kann das Bild **500** von [Fig. 11](#), obwohl es zum Zeitpunkt seiner Erfassung ein momentanes Bild (k) war, nun als vorheriges Bild

(k - 1) für das momentane Bild (k) **530** fungieren. Die beispielhafte in [Fig. 12](#) gezeigte Ansicht umfasst die Fahrbahn **510**, Teilabschnitte **515** auf der Fahrbahn, Randsteine **520** und **521**, Spurmarkierungen **522** und Gebäude **524** und **525**, wie sie in [Fig. 11](#) gezeigt sind, mit geringfügig anderen Perspektiven jedes Merkmals in der Ansicht. Bei der in [Fig. 12](#) gezeigten beispielhaften Ansicht werden viele identifizierte interessierende Punkte **531** gemäß den oben beschriebenen Verfahren identifiziert und wird ein Punkt, **531A**, an einer in dem Teilabschnitt **505** an dem Randstein **520** ausgebildeten Ecke identifiziert. Es sei angemerkt, dass die im Bild **530** identifizierten interessierenden Punkte **531** nicht notwendigerweise direkt den im Bild **500** identifizierten interessierenden Punkten **501** entsprechen. Die im Bild **530** identifizierten Punkte **531** werden wie in Verbindung mit den Punkten **501** beschrieben verarbeitet und gefiltert, wie es in Verbindung mit [Fig. 11](#) beschrieben ist. Vorzugsweise werden verschiedene interessierende Punkte **531** von dem Satz von interessierenden Punkten von dem momentanen Bild (k) **530** mit einem interessierenden Punkt **501** von dem von dem vorherigen Bild (k - 1) **500** identifizierten Satz von interessierenden Punkten in Übereinstimmung gebracht, um mehrere Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten zu ermitteln. Es wird erwartet, dass jeder interessierende Punkt, der ein Paar von in Übereinstimmung gebrachten Punkten umfasst, einem gleichen Merkmal entspricht, das einem Objekt in der Ansicht zugeordnet ist. Um den Satz von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten zu ermitteln, wird der Satz von interessierenden Punkten **531** von dem momentanen Bild (k) mit dem Satz von interessierenden Punkten **501**, der aus dem vorherigen Bild (k - 1) identifiziert wird, durch eine von verschiedenen bekannten Programmierungen einer Korrespondenzinübereinstimmungbringung verglichen, z. B. eine Programmierung einer Merkmalsinübereinstimmungbringung einer skaleninvarianten Merkmalstransformation (SIFT) und eine Programmierung eines optischen Flusses (optical flow). Die Programmierung einer Korrespondenzinübereinstimmungbringung wird vorzugsweise in dem Verarbeitungsmodul **120** ausgeführt, kann jedoch in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein, z. B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung. Die resultierenden Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten entsprechen einem gleichen Merkmal, das sich an sowohl dem momentanen Bild (k) als auch an dem vorherigen Bild (k - 1) befindet, wobei das gleiche Merkmal einem gleichen Objekt in der Ansicht zugeordnet ist.

**[0068]** Ein zweites Verfahren zum Ermitteln eines Satzes von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten umfasst das Verwenden einer Programmierung einer Inübereinstimmungbringung mit einer Vorlage, um interessierende Punkte von dem

momentanen Bild ( $k$ ) und dem vorherigen Bild ( $k - 1$ ) in Übereinstimmung zu bringen. Bei einer Ausführungsform werden unter Verwendung eines vorbestimmten Pixel-Gebiets benachbart zu einem interessierenden Punkt Vorlagen erzeugt. In [Fig. 12](#) ist ein beispielhaftes Gebiet **535** gezeigt, das dem interessierenden Punkt **531A** zugeordnet ist. Die Inübereinstimmungbringung mit einer Vorlage kann unter Verwendung eines von mehreren Verfahren ermittelt werden, die eines von verschiedenen bekannten Verfahren zur Programmierung einer Inübereinstimmungbringung mit einer Vorlage umfassen, um die entsprechenden interessierenden Punkte in dem vorherigen Bild zu finden, z. B. Lucas-Kanade oder Horn-Schunck. Vorzugsweise werden die Vorlagen benachbart zu einem interessierenden Punkt in einem momentanen Bild mit Vorlagen benachbart zu einem interessierenden Punkt in einem vorherigen Bild verglichen. Wenn die Programmierung einer Inübereinstimmungbringung mit einer Vorlage ermittelt, dass die Vorlagen übereinstimmen, werden die interessierenden Punkte in den Satz von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten einbezogen. Die resultierenden Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten entsprechen einem gleichen Merkmal, das sich an sowohl dem momentanen Bild ( $k$ ) als auch an dem vorherigen Bild ( $k - 1$ ) befindet, wobei das gleiche Merkmal einem gleichen Objekt in der Ansicht zugeordnet ist.

**[0069]** [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) zeigen ein beispielhaftes Paar von in Übereinstimmung gebrachten Punkten, wobei das Paar von in Übereinstimmung gebrachten Punkten einen interessierenden Punkt **531A** von dem momentanen Bild ( $k$ ) **530** und einen zweiten interessierenden Punkt **501A** von dem vorherigen Bild ( $k - 1$ ) **500** umfasst, und ein beispielhaftes Pixel-Gebiet, das die Punkte umgibt. Gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ist ein Pixel-Gebiet **535** um den interessierenden Punkt **531A** in [Fig. 13A](#) gezeigt. Wie oben beschrieben ist der interessierende Punkt **531A** ein an einer Ecke des Teilabschnitts **505** zwischen Abschnitten des Randsteins **520** identifizierter Punkt. Das Pixel-Gebiet **535** ist um den Punkt **531A** ausgewählt und umfasst vorzugsweise erkennbare Merkmale, Strukturen oder Muster, die verwendet werden können, um das Gebiet positiv zu identifizieren. [Fig. 13B](#) zeigt auf ähnliche Weise den interessierenden Punkt **501A** und ein Pixel-Gebiet **540** um den interessierenden Punkt. Wegen der Änderung der Perspektive zwischen Bild **500** und Bild **530** ist es möglich, dass das Pixel-Gebiet **535** und das Pixel-Gebiet **540** einige Unterschiede umfassen können, wobei jedoch bei einer Anwendung von oben beschriebenen Verfahren ein Vergleich der Pixel-Gebiete und ein Identifizieren der Merkmale darin als ein Verfahren verwendet werden können, um mit einer Konfidenz zu bestätigen, dass die interessierenden Punkte **531A** und **501A** innerhalb der in den Bildern **500** und **530** erfassten Ansicht das gleiche Merkmal

darstellen und als in Übereinstimmung gebrachtes Paar behandelt werden können.

**[0070]** Nach der Ermittlung der Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten wählt das Verarbeitungsmodul **120** durch Anwenden von Filtern, die Paare von in Übereinstimmung gebrachten entsprechenden Punkten mit geringer Qualität, die schlecht in Übereinstimmung gebrachte oder nicht in Übereinstimmung gebrachte Paare angeben, entfernen, bevorzugte Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten mit hoher Qualität aus dem Satz von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten aus, wie es oben in dem beispielhaften Schritt **112** beschrieben ist. Die bevorzugten Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten können auf der Grundlage von Qualitätssteuerkriterien ausgewählt werden. Bei einer Ausführungsform werden Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten analysiert, und, wenn sie jedes Kriterium erfüllen, als bevorzugte Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten identifiziert.

**[0071]** Ein erstes Kriterium ist erfüllt, wenn eine Distanz zwischen Punkten eines Paares von in Übereinstimmung gebrachten Punkten kleiner ist als ein Schwellenwert. Die Distanz wird auf der Grundlage des Orts der Punkte ermittelt, als wären sie an Koordinaten eines gleichen zweidimensionalen Bilds angeordnet. Der Schwellenwert kann vorbestimmt und ortsabhängig sein oder dynamisch auf der Geschwindigkeit des Fahrzeugs basieren. Ein zweites Kriterium ist erfüllt, wenn beide Punkte eines Paares von in Übereinstimmung gebrachten Punkten eine vorbestimmte Schwellenwertdistanz von einer Bildgrenze entfernt sind. Aufgrund der Perspektive der Kamera zu Objekten an den Rändern der Bildgrenze und der Fahrzeugbewegung können Punkte, die zu nahe an dem Rand liegen, entweder keinen entsprechenden Punkt lokalisieren, der sich außerhalb der Perspektive der Kamera befinden kann, oder können sie verzerrte Schätzwerte von Objektorten erzeugen. Ferner ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrzeug eine Information bezüglich eines freien Pfads in Richtung der Grenzen der Ansicht benötigt, bei einem normalen Fahrzeugbetrieb in Vorwärtsrichtung gering. Ein drittes Kriterium ist erfüllt, wenn eine Farbdifferenz zwischen einem vorbestimmten Bereich benachbart zu jedem Punkt eines Paares von in Übereinstimmung gebrachten Punkten kleiner ist als eine Schwellenwertfarbdifferenz. Unter Verwendung der in [Fig. 13](#) definierten beispielhaften Pixel-Gebiete kann eine Farbdifferenz zwischen den Pixel-Gebieten **535** und **540** verwendet werden, um die Konfidenz des in Übereinstimmung gebrachten Paares zu erhöhen. Jedem Pixel innerhalb jedes der Gebiete kann auf der Grundlage seiner entsprechenden Farbe ein Zahlenwert zugeordnet werden. Die zugeordnete Zahl kann auf einem Bitwert basieren, der während der Erfassung des Bilds ermittelt wird, oder kann



auf einer indizierten Farbe in Bezug auf eine vorbestimmte Palette basieren. Das Verarbeitungsmodul **120** berechnet absolute Differenzen zwischen den zugeordneten Zahlenwerten innerhalb des ersten Bereichs **501** und des zweiten Bereichs **502** Pixel für Pixel und summiert die Differenzen, was die Farbdifferenz liefert. Die Differenz wird mit der Schwellenwertdifferenz verglichen. Wenn die Differenz kleiner als die Schwellenwertdifferenz ist, ist das dritte Kriterium erfüllt. Die Schwellenwertfarbdifferenz kann durch ein beliebiges Verfahren ausgewählt werden, das ausreicht, um ein genaues Straßenvorhandensein oder eine Schätzung eines freien Pfads zu kalibrieren. Auf der Grundlage von Beleuchtungsniveaus außerhalb des Fahrzeugs, des Wetters, der Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder beliebiger anderer Faktoren, die eine genaue Schätzung des Vorhandenseins eines freien Pfads auf der Grundlage von Farbdifferenzen beeinflussen, können verschiedene Schwellenwertfarbdifferenzen verwendet werden. Durch Beurteilen, ob die Bereiche um die interessierenden Punkte ähnlich sind, kann beurteilt werden, ob in beiden Bildern der gleiche Bereich, der das durch die interessierenden Punkte dargestellte Merkmal umfasst, analysiert wird.

**[0072]** Es sei angemerkt, dass die drei oben beschriebenen Kriterien beispielhafte Kriterien sind, die nützlich sind, um in Übereinstimmung gebrachte Paare zu beurteilen, wobei jedoch ein Teil dieser Kriterien oder zusätzliche nicht genannte ähnliche Kriterien verwendet werden können, um die Gültigkeit von in Übereinstimmung gebrachten Paaren zu beurteilen. Eine Auswahl von Kriterien zum Beurteilen von in Übereinstimmung gebrachten Paaren kann ferner auf der Grundlage von Bedingungen, wie das außerhalb des Fahrzeugs vorhandene Beleuchtungsniveau, das Wetter, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs und beliebigen anderen Faktoren getroffen werden, die die Fähigkeit des Beurteilens von in Übereinstimmung gebrachten Paaren oder eine Dringlichkeit, einen freien Pfad schnell und genau zu definieren, beeinflussen.

**[0073]** Nach der Auswahl der bevorzugten Paare von in Übereinstimmung gebrachten Punkten ermittelt das Verarbeitungsmodul **120** Positionen mehrerer den Merkmalen von Objekten in der Ansicht zugeordneter Punkte in Bezug auf das Fahrzeug **100**, wie es in dem beispielhaften Schritt **115** oben beschrieben ist. **Fig. 14** zeigt graphisch die Verwendung eines beispielhaften momentanen Bilds, eines beispielhaften vorherigen Bilds und des Betriebs eines Host-Fahrzeugs zum Ermitteln der Position eines gesehenen Merkmals. Die Objektposition in einem horizontalen Referenzrahmen und eine Höhe des Objekts im Vergleich zu einem Bodenniveau können auf der Grundlage des bevorzugten Satzes von Paaren von in Übereinstimmung gebrachten Punkten innerhalb der sequentiellen Bilder **317** und **327** (das in die-

ser Figur durch die Punkte **1** und **2** gezeigte in Übereinstimmung gebrachte Paar), einer Distanz ( $d$ ), die das Fahrzeug **100** von einer ersten Position **310** zu einer zweiten Position **320** zurückgelegt hat, und einer Fahrzeuggier ( $\theta$ ) ermittelt werden. Das Verarbeitungsmodul **120** führt eines von verschiedenen bekannten Triangulationsverfahren zum Ermitteln der Position des Punkts in Bezug auf das Fahrzeug **100** und einer Höhe des Punkts aus. In **Fig. 14** ist ein Sichtfeld **315** von **310** einschließlich eines Bilds  $k - 1$  **317** gezeigt, und ist ein Sichtfeld **325** von **320** einschließlich eines Bilds  $k$  **327** gezeigt. Die Distanz  $d$  ist als eine Distanz beschreibend gezeigt, die ein Beobachter zwischen den Punkten **310** und **320** zurückgelegt hat. Die Linien, die in Längsrichtung zu den Sichtfeldern **315** und **325** ausgerichtet sind, sind durch die Linien **312** bzw. **322** dargestellt. Eine Winkeländerung der Ausrichtung oder Gier ( $\theta$ ) ist als einen Winkel zwischen den Linien **312** und **322** beschreibend gezeigt. Die Distanz  $d$  kann durch ein beispielhaftes Fahrzeug durch Verfolgen der Geschwindigkeit des Fahrzeugs über eine Abtastzeit zwischen dem Zeitpunkt bei **310** und dem Zeitpunkt bei **320** ermittelt werden. Ähnlich kann  $\theta$  bei einem beispielhaften Fahrzeug durch Verfolgen einer Gierrate des Fahrzeugs über die Abtastzeit ermittelt werden. Das gesehene Objekt **305** ist gezeigt, und es sind die Linien **318** und **328** gezeigt, die Sichtlinien von den Punkten **310** bzw. **320** zu dem Objekt **305** beschreiben. Die Punkte **1** und **2** sind an den Bildern **317** und **327** gezeigt, wobei die Linien **318** und **328** die Bilder **317** bzw. **327** schneiden. Eine Distanz ( $a$ ) kann als einen Ort des Punkts **1** an dem Bild **317** beschreibend definiert werden, und die Distanz ( $b$ ) kann als einen Ort des Punkts **2** an dem Bild **327** beschreibend definiert werden. Es sei angemerkt, dass **Fig. 14** eine Draufsicht darstellt, wobei eine Position des Objekts **305** in einer horizontalen Ebene definiert werden kann, und ähnliche Berechnungen in einer Seitenansicht der gleichen Objekte verwendet werden können, um eine vertikale Position des Objekts **305** in Bezug auf ein bekanntes Bodenniveau für den Beobachter zu definieren. Durch Anwenden von weithin bekannten Triangulationsverfahren können Positionsdaten, wie beispielsweise die Distanzen  $a$  und  $b$  von sequentiellen Bildern und Fahrzeugdaten, wie beispielsweise Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeuggier, und die Abtastzeit verwendet werden, um eine Position eines gesehenen Objekts in Relation zu dem Fahrzeug zu lokalisieren und eine relative Bewegung des Objekts in Relation zu dem Fahrzeug zu ermitteln. Diese Triangulationsverfahren können eine Position des Objekts in einer horizontalen Ebene und eine Höhe des Objekts in Relation zu einem Bodenniveau liefern.

**[0074]** Sobald die Position und die Höhe ermittelt sind, kann das Verarbeitungsmodul **120** die Punkte an einer Draufsichtabbildung wie in dem beispielhaften Schritt **118** oben beschrieben darstellen. **Fig. 15**



zeigt graphisch eine beispielhafte Draufsichtabbildung, die vertikale Positionen von interessierenden Punkten bei x- und y-Koordinaten vor dem Host-Fahrzeug beschreibt. Die Position  $\langle 0, 0 \rangle$  an der x-Achse und an der y-Achse entspricht der zweiten Position **320** des Fahrzeugs **100**, die hierin oben beschrieben ist, oder der momentanen Position des Fahrzeugs **100**. Vorzugsweise wird eine Objekthöhe in vorbestimmten Kategorien klassifiziert. Beispielsweise können Objekte mit minimaler Höhe, z. B. unter einem vorbestimmten Schwellenwert, als Boden klassifiziert werden, können Objekte, die die Bodenhöhe übersteigen, jedoch kleiner als ein zweiter vorbestimmter Schwellenwert sind, in einer zweiten Kategorie klassifiziert werden, die in der Nähe der Fahrzeughöhe liegt und vorzugsweise geringer als diese ist, und können Objekte, die größer als der zweite vorbestimmte Schwellenwert sind, in einer dritten Kategorie klassifiziert werden. Wie es [Fig. 15](#) zeigt, werden Objekte mit minimaler Höhe als Boden (Boden) klassifiziert, werden Objekte, die die Bodenhöhe übersteigen, jedoch kleiner als ein 2-Meter-Schwellenwert sind, in der zweiten Kategorie (kleiner als 2 m) klassifiziert, und werden Objekte, die größer als der 2-Meter-Schwellenwert sind, in der dritten Kategorie (größer als 2 m) klassifiziert.

**[0075]** Nach dem Darstellen der Objekte an der Abbildung detektiert das Verarbeitungsmodul **120** auf der Grundlage von in der Abbildung dargestellten Merkmalen einen freien Pfad, wie es in dem beispielhaften Schritt **121** oben beschrieben ist. Der Begriff "freier Pfad" soll, wie er hierin verwendet wird, für einen Fachmann eine gewöhnliche und übliche Bedeutung darstellen (und ist nicht auf eine spezielle oder spezifisch angepasste Bedeutung beschränkt) und bezieht sich ohne Einschränkung auf einen Pfad, der frei von Objekten ist, die einen Schwellenwert übersteigen, z. B. einen Pfad, der frei von Objekten ist, die in der oben erwähnten zweiten und dritten Kategorie klassifiziert sind. Die Merkmale von Objekten, die in vorbestimmten Kategorien, z. B. der hierin oben beschriebenen zweiten und dritten Kategorie, klassifiziert sind, werden durch das Verarbeitungsmodul **120** als nicht freie Bereiche, d. h. für die Fahrzeugfahrt nicht erwünscht, identifiziert. Vorzugsweise wird ein vorbestimmter Bereich benachbart zu jedem in den vorbestimmten Kategorien klassifizierten Objekt durch das Verarbeitungsmodul **120** als nicht freier Bereich identifiziert. Das Verarbeitungsmodul **120** kann unter Verwendung eines von mehreren Verfahren ermitteln, dass ein freier Pfad an der Abbildung vorhanden ist. Ein erstes Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads umfasst das Vergleichen eines erwarteten Pfads mit der Abbildung, die die nicht freien Bereiche umfasst. Wenn sich der erwartete Pfad nicht mit irgendwelchen nicht freien Bereichen schneidet, ermittelt das Verarbeitungsmodul **120**, dass der erwartete Pfad ein freier Pfad ist. Wenn sich der erwartete Pfad jedoch mit einem nicht freien Be-

reich schneidet, ermittelt das Verarbeitungsmodul **120**, dass kein freier Pfad vorhanden ist. Ein zweites Verfahren zum Ermitteln eines freien Pfads umfasst das Verwenden der nicht freien Bereiche in der Abbildung zum Ermitteln eines freien Pfads. Jeder Pfad, der die nicht freien Bereiche nicht schneidet, kann als freier Pfad verwendet werden.

**[0076]** Das obige Verfahren verwendet sequentielle Bilder zum Herstellen einer Abbildung von Objektpositionen und vertikalen Höhen vor dem Fahrzeug, so dass ein freier Pfad definiert werden kann. Es sei angemerkt, dass bei dieser bestimmten Analyse in beliebigen zwei gegebenen Bildern ein bestimmtes Objekt nicht als zwei interessierende Punkte mit hoher Qualität umfassend, die für eine Abbildung ausreichen, klassifiziert werden könnte. Die obige Analyse findet jedoch mehrere Male pro Sekunde bei der Fahrzeugfahrt statt. Wenn sich das Fahrzeug auf dem freien Pfad vorwärts bewegt, werden unterschiedliche Perspektiven auf ein Objekt erlangt und wird eine große Anzahl von Bildern analysiert. Eine Fahrt auf einem Pfad und eine Analyse der mehreren iterativen Bilder auf diesem Pfad bauen durch die Analysen eine Konfidenz auf, dass kein Objekt, das dem freien Pfad widerspricht, auf dem identifizierten freien Pfad existiert.

**[0077]** [Fig. 16](#) zeigt ein zweites Verarbeitungsschema zum Detektieren eines freien Pfads. Während das erste hierin beschriebene Verarbeitungsschema strukturreiche Verfahren verwendet, die Pixel-Merkmale, die bestimmte interessierende Punkte beschreiben, auf der Grundlage einer Kontextansicht innerhalb des Bilds analysieren, kann das zweite offenbarte Verarbeitungsschema als beispielhaftes strukturloses Verfahren zur Bildanalyse beschrieben werden, das aus einem Bild nicht konforme Gebiete des Bilds als nicht zu einer planaren, konsistenten Fahrbahn gehörend filtert. Durch Filtern von nicht konformen Gebieten aus einem Bild kann eine freie Fläche aus dem verbleibenden Bild als potentieller freier Pfad für die Fahrt des Fahrzeugs identifiziert werden. Ein Prozess **250** ist in [Fig. 16](#) gezeigt und hierin als diskrete Elemente umfassend beschrieben. Solch eine Darstellung dient der Vereinfachung der Beschreibung und es ist zu erkennen, dass die durch diese Elemente durchgeführten Funktionen in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein können, z. B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung. Beispielsweise kann der Prozess **250** in dem Verarbeitungsmodul **120** als ein oder mehrere Algorithmen ausgeführt werden. Der Prozess **250** zum Detektieren eines freien Pfads umfasst das Erzeugen mehrerer gefilterter Bilder und das Vereinigen der gefilterten Bilder, um einen freien Pfad zu ermitteln.

**[0078]** Es wird ein beispielhafter Prozess **250** offenbart, der die Schritte umfasst, um ein beispielhaftes

strukturloses Verfahren zur Detektion eines freien Pfads einzusetzen. Der Prozess **250** beginnt in Schritt **253**, in dem Bilder erzeugt werden. Die Schritte **256**, **259**, **262** und **265** beschreiben alternative beispielhafte Verfahren zum Filtern eines Bilds, um einen Ort eines freien Pfads einschließlich einer Fahrbahn zu identifizieren. Es sei angemerkt, dass jedes der Verfahren das Bild auf eine Art verarbeitet, um beim Identifizieren des freien Pfads zu helfen. Es könnte ein Prozess mit einem Teil der vier beispielhaften Verfahren eingesetzt werden, oder es könnte ein Prozess eingesetzt werden, der nicht genannte, jedoch ähnliche Verfahren umfasst, um das Bild zu verarbeiten. Es kann jedes Verfahren eingesetzt werden, das innerhalb eines Bilds eine frei Fläche, an der eine Fahrbahn geschätzt werden kann, von anderen Teilen des Bilds filtert, die keine potentielle Fahrbahn angeben. Schritt **256** wendet ein beispielhaftes Verfahren zum Filtern eines Bereichs unter einem Horizont oder Fluchtpunkt, der eine Fahrbahn, auf der gefahren werden kann, umfasst, von einem Bereich über dem Horizont oder Fluchtpunkt an, der den Himmel und andere vertikale Merkmale umfasst, die kein Teil einer Fahrbahn sein können. Schritt **259** wendet ein Filter auf der Grundlage der Abweichung der Pixel-Intensität basierend auf der Prämisse an, dass eine Fahrbahn eine große Fläche mit einer visuellen Intensität umfasst, die über der Fläche sehr einheitlich ist. Schritt **262** wendet ein Filter auf der Grundlage eines Differenzierens von sequentiellen Bildern an, was eine Analyse von Änderungen zwischen den Bildern ermöglicht. Schritt **265** wendet ein Filter auf der Grundlage eines Identifizierens von Pixeln an, die Kanten oder Übergänge in den visuellen Daten darstellen. Bei einem parallelen Anwenden der verschiedenen Verfahren können die Ergebnisse in einer einzelnen Abbildung des Bilds in Schritt **268** vereinigt werden und in Schritt **271** hinsichtlich visueller Daten, die einen freien Fahrpfad angeben, analysiert werden.

**[0079]** Unter Verwendung eines Fluchtpunkts wird ein erstes gefiltertes Bild erzeugt, was in dem beispielhaften Schritt **256** oben beschrieben wird. Der Begriff "Fluchtpunkt", wie er hierin verwendet wird, ist ein breiter Begriff und stellt für Fachleute seine gewöhnliche und übliche Bedeutung dar und bezieht sich auf einen unendlich weit entfernten Punkt am Horizont, der von einer Vielzahl von parallelen Linien am Boden in der Ansicht geschnitten wird. Eine Fahrbahn, die einen freien Pfad erzeugt, auf dem gefahren werden soll, muss notwendigerweise unter dem Fluchtpunkt oder der Horizontlinie identifiziert werden. Ein Filtern von Bildern nur zum Analysieren eines Bereichs unter der Horizontlinie hilft beim Abgrenzen der Pixel, die zum Identifizieren einer Fahrbahn analysiert werden, von irrelevanten Pixeln. Ein Fachmann wird erkennen, dass es viele bekannte Verfahren zum Ermitteln eines Fluchtpunkts und einer entsprechenden Horizontlinie gibt. Ein bekanntes

Verfahren umfasst das Ermitteln des Fluchtpunkts auf der Grundlage eines Punkts, an dem sich die Spurmarkierungen links und rechts eines Host-Fahrzeugs schneiden. Die Horizontlinie wird auf der Grundlage des Fluchtpunkts ermittelt. Das erste gefilterte Bild besteht aus Pixeln an dem momentanen Bild unter der Horizontlinie.

**[0080]** Das Verarbeitungsmodul **120** erzeugt auf der Grundlage der Pixel-Farbintensität der mehreren Pixel, die das momentane Bild (k) umfassen, ein zweites gefiltertes Bild, wie es oben in dem beispielhaften Schritt **259** beschrieben ist. [Fig. 17](#) zeigt ein beispielhaftes zweites gefiltertes Bild auf der Grundlage der Pixel-Farbintensität. Das zweite gefilterte Bild umfasst aus den mehreren Pixeln ausgewählte Pixel. Es wird eine Anzahl von Verfahren zum Filtern von Pixeln betrachtet. Das Verarbeitungsmodul **120** vergleicht jeden Farbintensitätswert eines Pixels mit einem zugeordneten Farbverteilungsmittelwert, z. B. einem Verteilungsmittelwert einer roten, grünen und blauen Farbe. Die Farbverteilungsmittelwerte umfassen eine mittlere Farbintensitätsverteilung für eine zugeordnete Farbintensität, die Pixeln zugeordnet ist, die zuvor auf freien Pfaden identifiziert wurden. Die Farbverteilungsmittelwerte können ferner auf historisch erfassten Farbverteilungsmittelwerten von Pixeln eines freien Pfads der zugeordneten Farben basieren. Es wird ein Pixel für das zweite gefilterte Bild ausgewählt, wenn jeder Farbintensitätswert des Pixels kleiner ist als ein Farbintensitätsschwellenwert von dem zugeordneten Farbverteilungsmittelwert. Wenn ein Farbintensitätswert des Pixels größer als ein Farbintensitätsschwellenwert von dem zugeordneten Farbverteilungsmittelwert ist, wird das Pixel von dem zweiten gefilterten Bild ausgeschlossen. Der Farbverteilungsmittelwert für die zugeordnete Farbintensität ist ein in dem Bild verteilter mittlerer Farbintensitätswert. Die Farbverteilungsmittelwerte werden anfänglich ermittelt. Bei einer Ausführungsform passt das Verarbeitungsmodul **120** den Farbverteilungsmittelwert für jede zugeordnete Farbintensität auf der Grundlage der Farbintensitätsverteilungen in einer vorbestimmten Anzahl von Bildern an.

**[0081]** Wie hierin oben beschrieben umfasst jedes Pixel mehrere Farbintensitätswerte. Vorzugsweise wird der Farbintensitätswert mit dem zugeordneten Farbverteilungsmittelwert verglichen. Beispielsweise wird für ein unter Verwendung des RGB-Farbmodells erzeugtes Pixel ein einer roten Farbintensität zugeordneter erster Bitsatz mit dem der roten Farbintensität zugeordneten Farbverteilungsmittelwert verglichen, wird der der grünen Farbintensität zugeordnete Bit-Satz mit dem der grünen Farbintensität zugeordneten Farbverteilungsmittelwert verglichen und wird der der blauen Farbintensität zugeordnete Bit-Satz mit dem der blauen Farbintensität zugeordneten Farbverteilungsmittelwert verglichen. Wenn die Differenz zwischen jeder Farbintensität, die das Pixel um-

fasst, und dem zugeordneten Farbverteilungsmittelwert kleiner ist als ein Farbintensitätsschwellenwert, wird das Pixel für das zweite gefilterte Bild verwendet.

**[0082]** Unter Verwendung des RGB-Farbmodells umfasst jedes Pixel einen ersten, einen zweiten und einen dritten Farbintensitätswert. Eine erste Farbintensität ist eine rote Intensität, eine zweite Farbintensität ist eine grüne Intensität und eine dritte Farbintensität ist eine blaue Intensität. Das Pixel für das zweite gefilterte Bild wird aus den mehreren Pixeln, die das momentane Bild (k) umfassen, ausgewählt, wenn die Differenz zwischen einer roten Intensität des Pixels und einem Verteilungsmittelwert einer roten Farbe kleiner ist als ein Schwellenwert einer roten Intensität und die Differenz zwischen einer grünen Intensität des Pixels und einem Verteilungsmittelwert einer grünen Farbe kleiner ist als ein Schwellenwert einer grünen Intensität und die Differenz zwischen einer blauen Intensität des Pixels und einem Verteilungsmittelwert einer blauen Farbe kleiner ist als ein Schwellenwert einer blauen Intensität. Die folgende Gleichung drückt diesen Prozess unter Verwendung des RGB-Farbmodells aus:

$$|R - R_M| < \text{threshold}_R \text{ und } |G - G_M| < \text{threshold}_G \text{ und } |B - B_M| < \text{threshold}_B \quad (4)$$

wobei

R	eine rote Farbe ist,
G	eine grüne Farbe ist,
B	eine blaue Farbe ist,
$R_M$	ein Farbverteilungsmittelwert für die rote Farbe ist,
$G_M$	ein Farbverteilungsmittelwert für die grüne Farbe ist,
$B_M$	ein Farbverteilungsmittelwert für die blaue Farbe ist,
$\text{threshold}_R$	ein Schwellenwert einer roten Intensität ist,
$\text{threshold}_G$	ein Schwellenwert einer grünen Intensität ist, und
$\text{threshold}_B$	ein Schwellenwert einer blauen Intensität ist.

**[0083]** Ein Fachmann wird erkennen, dass die obige Gleichung 4 ausgestaltet sein kann, um mit mehreren anderen Farbmodellen verwendet zu werden, die das CMYK-, das YUV- und das LAB-Farbmodell umfassen.

**[0084]** Das Verarbeitungsmodul 120 erzeugt ein drittes gefiltertes Bild unter Verwendung des momentanen Bilds (k) und des vorherigen Bilds (k - 1) durch Differenzieren der Bilder, wie es in dem beispielhaften Schritt 262 oben beschrieben ist. Bei einem beispielhaften Prozess zum Erzeugen eines differenzierten Bilds wird ein drittes gefiltertes Bild als eine

Bilddifferenz des momentanen Bilds (k) und des vorherigen Bilds (k - 1) erzeugt und umfasst es einen Pixel-für-Pixel-Vergleich, der die Differenz zwischen dem momentanen Bild (k) und dem vorherigen Bild (k - 1) darstellt. Solch ein Prozess ist oben in Verbindung mit [Fig. 6A-Fig. 6C](#) beschrieben. Ein erstes Verfahren zum Ermitteln des dritten gefilterten Bilds umfasst das Ermitteln einer Differenz zwischen einzelnen Pixeln an einem momentanen Bild (k) und entsprechenden einzelnen Pixeln an dem vorherigen Bild (k - 1). Die Differenz kann durch Subtrahieren von einem Pixel zugeordneten Farbintensitätswerten von entsprechenden Farbintensitätswerten zum Ermitteln einer Farbintensitätsdifferenz ermittelt werden, z. B. Subtrahieren des Werts einer roten Farbintensität eines ersten Pixels an dem momentanen Bild (k) von dem Wert einer roten Farbintensität eines ersten Pixels an dem vorherigen Bild (k - 1). Die resultierende Farbintensitätsdifferenz umfasst den Pixel-Wert und entspricht der Differenz zwischen dem Pixel an dem momentanen Bild (k) und dem vorherigen Bild (k - 1). Jeder Pixel-Wert kann in einem Array gespeichert werden, das dem dritten gefilterten Bild entspricht. Bei einer Ausführungsform wird ein Absolutwert der Differenz ermittelt und in dem Array gespeichert. Das resultierende Array umfasst Werte, die die Differenz zwischen den beiden Bildern darstellen, und umfasst die Bilddifferenz. Nach dem Ermitteln des Arrays entfernt das Verarbeitungsmodul 120 Werte, die Pixel darstellen, die sich um weniger als den vorbestimmten Schwellenwert geändert haben. Die resultierenden Werte können bei einer Ausführungsform durch einen vorbestimmten Wert, z. B. Eins, ersetzt werden, um an einem resultierenden Bild eine deutliche Abbildung von identifizierten Differenzen zwischen den beiden verwendeten Bildern darzustellen.

**[0085]** Es wird ein zweites beispielhaftes Verfahren zum Ermitteln des dritten gefilterten Bilds auf der Grundlage eines Differenzierens von Bildern beschrieben. Durch Vergleichen des momentanen Bilds (k) mit einem bewegungsangepassten vorherigen Bild (k - 1) kann eine Ermittlung vorgenommen werden, und die Differenzen zwischen diesen Bildern können verwendet werden, um Objekte abzubilden, die nicht in ein bestimmtes Modell passen, das zum Erzeugen des bewegungsangepassten Bilds verwendet wird. Ein beispielhaftes Modell zum Erzeugen des bewegungsangepassten Bilds umfasst das Verwenden von Triangulationsverfahren, wie beispielsweise die Verfahren, die in Verbindung mit [Fig. 14](#) beschrieben sind, einer Information bezüglich der Bewegung des Fahrzeugs und einer Annahme, dass sich alle detektierten Punkte auf Bodenniveau befinden, um eine Bewegung von Objekten in dem vorherigen Bild (k - 1) vorherzusagen. Durch Verwenden einer Annahme, dass sich alle Objekte in dem Bild auf Bodenniveau befinden, sind die Vorhersagen der Bewegung der Objekte in dem resultieren-

den Bild konsistent mit dem vorherigen Bild, das als ein vollständig flaches Bild auf Bodenniveau existiert. Ein Vergleich dieses resultierenden bewegungsangepassten vorherigen Bilds ( $k - 1$ ) mit dem tatsächlichen momentanen Bild ( $k$ ), das perspektivische Änderungen der Objekte, die sich nicht auf Bodenniveau befinden, umfasst, ermöglicht eine Identifikation aller Objekte oder Merkmale in den betrachteten Bildern, die sich nicht auf Bodenniveau befinden. Durch Subtrahieren von Pixeln in den verglichenen Bildern, beispielsweise gemäß dem ersten beispielhaften Prozess zum Ermitteln des dritten gefilterten Bilds, der oben beschrieben ist, können Pixel, die Objekte darstellen, die sich nicht auf Bodenniveau befinden, durch die Werte, die nicht Null sind, oder die Werte, die einen bestimmten Schwellenwert übersteigen, identifiziert werden. Auf diese Weise kann das Verarbeitungsmodul **120** das dritte gefilterte Bild wie hierin oben beschrieben unter Verwendung des momentanen Bilds ( $k$ ) und des bewegungsangepassten vorherigen Bilds anstatt des vorherigen Bilds ( $k - 1$ ) ermitteln.

**[0086]** Das Verarbeitungsmodul **120** erzeugt auf der Grundlage der Farbintensitätswerte der mehreren Pixel, die das momentane Bild ( $k$ ) umfassen, ein viertes gefiltertes Bild, wie es in dem beispielhaften Schritt **265** oben beschrieben ist. **Fig. 18** zeigt ein viertes gefiltertes Bild unter Verwendung eines Kantenerkennungsverfahrens. Das vierte gefilterte Bild umfasst Kanten des momentanen Bilds ( $k$ ). Um das vierte gefilterte Bild zu erzeugen, extrahiert das Verarbeitungsmodul **120** Pixel von dem Bild auf der Grundlage von Farbintensitätswerten, die den Kanten entsprechen, unter Verwendung eines von verschiedenen bekannten Kantendetektionsfiltern, z. B. eines Sobel-Filters. Das Kantendetektionsfilter wird vorzugsweise in dem Verarbeitungsmodul **120** ausgeführt, kann jedoch in einer oder mehreren Einrichtungen kombiniert sein, z. B. realisiert in Software, Hardware und/oder einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung. Bei einer Ausführungsform wird jedes Pixel unter Verwendung eines Sobel-Operators analysiert. Der Sobel-Operator berechnet einen Gradientenvektor einer Farbintensität an jedem Pixel, was zu einer Richtung des größtmöglichen Anstiegs von Hell nach Dunkel und der Änderungsrate in dieser Richtung führt. Punkte, die einer Änderungsrate entsprechen, die einen Schwellenwert übersteigt, und Gradientenvektoren bei nahe gelegenen Pixeln entsprechen, geben Kanten an und sind in dem vierten gefilterten Bild umfasst. Jene Pixel können durch eine vorbestimmte Pixel-Farbe, z. B. Schwarz, ersetzt werden.

**[0087]** Nach dem Erzeugen der mehreren gefilterten Bilder vereinigt das Verarbeitungsmodul **120** die gefilterten Bilder, um Pixel-Orte zu ermitteln, die einem freien Pfad entsprechen, wie es in dem beispielhaften Schritt **268** beschrieben ist. Das vereinigte ge-

filterte Bild umfasst ein Bild, das Pixel enthält, die in allen der mehreren gefilterten Bilder enthalten sind, d. h., nur Pixel, die an einem bestimmten Pixel-Ort in jedem der mehreren gefilterten Bilder enthalten sind, sind in dem vereinigten gefilterten Bild umfasst. Das Vereinigen der gefilterten Bilder umfasst das Ermitteln von Pixel-Orten, die an jedem der mehreren gefilterten Bilder umfasst sind. Jeder Pixel-Ort wird mit entsprechenden Pixel-Orten an jedem der gefilterten Bilder verglichen. Wenn jedes der mehreren gefilterten Bilder ein Pixel an einem entsprechenden Pixel-Ort enthält, ist dieses Pixel an einer Abbildung eines vereinigten freien Pfads, die eine freie Fläche auf der Straße darstellt, umfasst. Der vereinigte freie Pfad wird verwendet, um einen freien Pfad für das Fahrzeug **100** zu detektieren. Pixel an der Abbildung eines vereinigten freien Pfads entsprechen gewünschten Fahrtorten in der Ansicht. Die Orte an der Abbildung eines vereinigten freien Pfads ohne Pixel entsprechen unerwünschten Fahrtorten in der Ansicht.

**[0088]** Der in **Fig. 16** beschriebene Prozess **250** wendet verschiedene Verfahren parallel auf Bilder an, um Merkmale in einer Ansicht zu identifizieren, die für ein Definieren eines freien Pfads relevant sind. Es sei jedoch angemerkt, dass diese Verfahren nicht parallel durchgeführt werden müssen, sondern dass die Verfahren stattdessen verwendet werden können, um Bilder sequentiell schrittweise zu verarbeiten, um Merkmale in einer Ansicht zu identifizieren, die für ein Definieren eines freien Pfads relevant sind. Ein beispielhafter Prozess **600** für das zweite Verarbeitungsschema ist in **Fig. 19** gezeigt. Der Prozess **600** beginnt durch Erzeugen einer Sequenz von Bildern in Schritt **603**. Jedes Bild wird parallel an zwei Schritte übermittelt, und die Ergebnisse von den beiden Schritten werden vereinigt und für die nachfolgenden Schritte in dem Prozess zur Verfügung gestellt. Die parallelen Schritte umfassen Schritt **606**, in dem ein erstes Bild gemäß einem Filtern von Pixeln durch das oben beschriebene Fluchtpunktverfahren gefiltert wird, um die Teile der Bilder von der Verarbeitung zu filtern, die keine Fahrbahn darstellen können, und Schritt **609**, in dem ein zweites gefiltertes Bild durch Filtern von Pixeln gemäß der Intensität wie oben beschrieben verwendet wird, um Abschnitte der Bilder von der Verarbeitung zu filtern, die mit einer Fahrbahn inkonsistente Merkmale beschreiben. In Schritt **612** wird ein vereinigtes Bild des ersten gefilterten Bilds und des zweiten gefilterten Bilds erzeugt, wobei das vereinigte Bild nur einen Abschnitt des Bilds unter dem Fluchtpunkt umfasst und Pixel mit einer mit einer Fahrbahn konsistenten Intensität umfasst. In Schritt **615** werden sequentielle vereinigte Bilder verwendet, um unter Verwendung eines der oben beschriebenen Differenzierungsverfahren ein drittes gefiltertes Bild zu erzeugen. In Schritt **618** wird das dritte gefilterte Bild verwendet, um unter Verwendung der oben beschriebenen Kantenextraktionsver-



fahren ein viertes gefiltertes Bild zu erzeugen. Die Ergebnisse des Prozesses **600** können dann hinsichtlich visueller Daten, die einen freien Fahrpfad angeben, analysiert werden.

**[0089]** Die Prozesse **250** und **600** zeigen zwei beispielhafte Anordnungen, in denen Filterverfahren in Kombination verwendet werden können, um eine Sequenz von Bildern zu verarbeiten, um einen freien Pfad zu identifizieren. Es sei jedoch angemerkt, dass solche Kombinationen viele Formen annehmen können, Schritte in anderen Reihenfolgen angewandt werden können und weniger oder zusätzliche Filter in anderen Kombinationen verwendet werden können. Ferner können Filter selektiv verwendet werden oder können Konfigurationen von Prozessen selektiv verwendet werden, wobei beispielsweise verschiedene Kombinationen tagsüber verwendet werden und andere Nachts verwendet werden. Beispielsweise können einige Kombinationen weiterhin durch Scheinwerfer beleuchtete Fahrbahnen analysieren, während andere Verfahren ohne eine vollständig beleuchtete Sicht nicht nützlich sein könnten. Bei einem anderen Beispiel können andere Kombinationen verwendet werden, wenn Regen oder Schnee auf der Straße liegt. Beispielsweise könnten einige Verfahren und Analyseverfahren bei einer leichten Schneedecke weiterhin nützlich sein, die beispielsweise Reifenspuren im Schnee als potentielle freie Pfade identifizieren, wohingegen andere Verfahren nicht nützlich sein könnten, wenn eine weiße Decke die meisten identifizierbaren Merkmale verdeckt. Bei einem anderen Beispiel können andere Kombinationen verwendet werden, wenn eine zusätzliche Information zur Verfügung gestellt wird, wobei beispielsweise Infrarot-, Radar- oder GPS-Daten ein Filtern der Bilder auf der Grundlage der zusätzlichen Information erweitern oder vereinfachen. Es wird eine Anzahl von Kombinationen von Filterverfahren betrachtet, und die Offenbarung soll nicht auf die bestimmten hierin beschriebenen Ausführungsformen beschränkt sein.

**[0090]** Oben wurden ein erstes Verarbeitungsschema, das strukturreiche Verfahren einsetzt, und ein zweites Verarbeitungsschema, das strukturlose Verfahren einsetzt, beschrieben, wobei jedes Schema eine Identifikation von Straßenmerkmalen ermöglicht, die nützlich sind, um einen freien Pfad in der Sicht des Fahrzeugs zu beschreiben. Es sei jedoch angemerkt, dass eine einzelne Analyse auf der Grundlage eines der beiden Schemas mehrdeutige Ergebnisse liefern kann, wobei beispielsweise bestimmte Beleuchtungsbedingungen, Schatten von einem anderen Fahrzeug, eine durch Wärme verursachte Verzerrung der Fahrbahn oder andere ähnliche Probleme bewirken können, dass Teile einer Fahrbahn als nicht mit dem Rest der Fahrbahn konform fehlidentifiziert werden. Ein Verfahren zum Auflösen mehrdeutiger Ergebnisse wird durch Analysieren von iterativen Bildern erreicht, wenn das Fahr-

zeug entlang der Straße fährt. Es sei angemerkt, dass, wenn ein Fahrzeug entlang einer Straße fährt, Hunderte von Bildern eines bestimmten Teilabschnitts der Straße, die in einer schnellen Folge aufgenommen werden, analysiert werden können. Wenn das Fahrzeug vorwärts fährt, wird als Ergebnis unterschiedlicher Sichtperspektiven eine unterschiedliche Beleuchtung und Ausleuchtung der Fahrbahn beobachtet. Eine Fahrt auf einem Pfad und eine Analyse der mehreren iterativen Bilder auf diesem Pfad können durch die Analysen eine Konfidenz aufbauen, dass der bestimmte Abschnitt der Fahrbahn korrekt als freier Pfad geschätzt wird.

**[0091]** Ein anderes Verfahren zum Auflösen mehrdeutiger Ergebnisse eines der beiden Schemas ist, beide Schemas zu verwenden und die Ergebnisse zu vereinigen, wobei die Kombination der beiden Schemas zum Erhöhen der Konfidenz einer Identifikation eines freien Pfades verwendet wird. Jedes der Schemas hat hinsichtlich anderer Aspekte einer Detektion eines freien Pfades Vorteile gegenüber dem anderen Schema. Beispielsweise zeichnet sich das beispielhafte strukturreiche Verfahren beim Detektieren von Objekten aus, die deutlich mit vielen Strukturen von dem Bodenniveau hervorstehen. Dieses Verfahren identifiziert positiv Objekte, die in verschiedenen Höhen detektiert werden können, und liefert eine Abbildung von Bereichen, in denen ein Fahrzeug nicht fahren sollte, damit die Objekte nicht mit dem Fahrzeug kollidieren. Bei einem anderen Beispiel zeichnet sich das beispielhafte strukturlose Verfahren beim Identifizieren eines Gebiets aus, in dem Pixel eine normal erscheinende Fläche identifizieren. Dieses Verfahren identifiziert positiv ein Gebiet, in dem es wahrscheinlich ist, dass eine Fahrbahn existiert, und es bildet die Grenzen dieser Fläche ab.

**[0092]** Das erste Schema und das zweite Schema können auf eine Anzahl von Arten vereinigt werden. Ein Bild mit identifizierten Punkten und ermittelten Höhen, das mit strukturreiche Verfahren identifiziert wird, kann mit einem gefilterten Bild, das durch strukturlose Verfahren erzeugt wird, überlagert werden, und eine Vereinbarung der beiden Verfahren kann verwendet werden, um durch das überlagerte Bild einen freien Pfad zu definieren. Bei einem alternativen Verfahren zum Vereinigen der beiden Schemas können die Daten von beiden Schemas verwendet werden, um eine Information auf eine programmierte Draufsichtabbildung eines Bereichs vor dem Fahrzeug zu projizieren, und diese Draufsichtabbildung, die von einer Analyse der beiden Schemas erhaltene Daten umfasst, kann ein Aufbauen von Konfidenzhinweisen für Gebiete der Abbildung umfassen. Bei einem alternativen Verfahren zum Vereinigen der beiden Schemas kann ein Schema als primäres oder dominantes Schema verwendet werden und kann das zweite Schema verwendet oder aktiviert werden, um Gebiete in der Ansicht zu analysieren, die als



mehrdeutig oder unklar identifiziert werden. Bei jedem Verfahren zum Vereinigen der beiden Schemas können die Stärken eines Verarbeitungsschemas verwendet werden, um die Schwächen des anderen Verarbeitungsschemas zu reduzieren. Wenn beide Schemas darin übereinstimmen, dass der Pfad frei ist, kann das Verarbeitungsmodul, das die Schemas einsetzt, mit erhöhter Konfidenz ermitteln, dass der Pfad für eine Fahrt des Fahrzeugs wünschenswert ist. Es wird eine Anzahl von Verfahren zum Vereinigen der identifizierten Schemas in Betracht gezogen, und die Offenbarung soll nicht auf die bestimmten hierin beschriebenen Ausführungsformen beschränkt sein. Ferner kann ein Schema oder können beide Schemas mit dem oben eingesetzten Verfahren kombiniert werden, das eine Analyse von Stücken verwendet.

**[0093]** Alternativ oder zusätzlich kann ein beispielbasiertes Verfahren verwendet werden, um einen freien Pfad auf der Grundlage eines Eingangsbilds zu definieren. Ein beispielhaftes beispielbasiertes Verfahren erfasst eine Anzahl von Abtastbildern von Ansichten, wobei für jedes der Abtastbilder ein freier Pfad definiert wird, bringt ein momentanes Bild mit einem oder mehreren der Abtastbilder in Übereinstimmung und ermittelt auf der Grundlage der Inübereinstimmungbringen einen freien Pfad. Ein Inübereinstimmungbringen des momentanen Bilds mit einem oder mehreren der Abtastbilder kann erreicht werden, indem beispielsweise Merkmale von jedem der Abtastbilder extrahiert werden, Merkmale von dem momentanen Bild extrahiert werden, die extrahierten Merkmale von dem momentanen Bild mit einer Datenbank von extrahierten Merkmalen von den Abtastbildern verglichen werden und mit dem momentanen Bild übereinstimmende Abtastbilder ausgewählt werden. Ein freier Pfad kann aus dem am besten übereinstimmenden Abtastbild ausgewählt werden oder kann auf der Grundlage einer Kombination der engsten Übereinstimmungen mit dem momentanen Bild ermittelt werden.

**[0094]** In diese Offenbarung können hierarchische Ausgestaltungen mehrerer Algorithmen einer Detektion eines freien Pfads einbezogen werden, die Algorithmen umfassen, die auf der Grundlage der Rechenintensität aufgebaut sind. Weniger rechenintensive Detektionsverfahren können freie Pfade in dem Bild identifizieren und verbleibende Teilabschnitte des Bilds, die nicht als freier Pfad identifiziert sind, für eine rechenintensivere Analyse hinterlassen, wodurch die Recheneffizienz für eine Identifikation eines freien Pfads erhöht wird. Die bestimmten verwendeten Verfahren und der hierarchische Aufbau des bestimmten verwendeten hierarchischen Verfahrens können sich unterscheiden oder ändern. Bei einer beispielhaften hierarchischen Ausgestaltung identifiziert ein stückbasiertes Verfahren einer Detektion eines freien Pfads freie Pfade in dem Bild, bevor ein Pi-

xel-basiertes Verfahren einer Detektion eines freien Pfads die verbleibenden Teilabschnitte des Bilds, die nicht durch das stückbasierte Verfahren als freier Pfad identifiziert werden, analysiert. Bei einer Ausführungsform analysiert eine zweite beispielhafte hierarchische Schicht, die ein beispielbasiertes Verfahren verwendet, ferner Teilabschnitte, die nicht durch das Pixel-basierte Verfahren als freier Pfad identifiziert wurden. Es wird jedoch eine Anzahl von verschiedenen hierarchischen Konfigurationen betrachtet, und die Offenbarung soll nicht auf die bestimmten hierin beschriebenen Ausführungsformen beschränkt sein.

**[0095]** Ein Fachmann wird erkennen, dass auf die erfassten Bilddaten eine Beleuchtungsnormalisierung angewandt werden kann. Eine Normalisierung ist ein Prozess, der den Bereich von Pixel-Intensitätswerten ändert. Der Zweck der Normalisierung ist, das Bild in einen Bereich zu bringen, der für einen Maschinenprozess geeigneter ist, um die Zuverlässigkeit zu verbessern. Beispielsweise wird jeder Pixel-Wert auf einen Mittelwert von Null und eine Einheitsvarianz normalisiert, um den Bildkontrast zu verbessern, insbesondere in einer Umgebung mit schwacher Beleuchtung, oder wenn der Kontrast aufgrund einer Blendung schlecht ist.

**[0096]** Die hierin oben beschriebenen Filter und Algorithmen können viele Formen annehmen. Die zum Extrahieren von Merkmalen verwendeten Filteralgorithmen durchsuchen oftmals die verfügbare visuelle Information hinsichtlich charakteristischer Muster in den Daten, wobei die Merkmale durch eine Spurausrichtung, einen Spurort, eine Farbe, Eckeneigenschaften, andere visuelle Attribute und gelernte Attribute definiert sind. Die Attribute können experimentell, empirisch, prädiktiv, durch Modellerstellung oder andere Techniken, die zum genauen Trainieren von unterscheidenden Attributen geeignet sind, entwickelt werden. Gelernte Attribute können durch Maschinenlernalgorithmen oder Fuzzy-Logik innerhalb des Fahrzeugs mit einer Anpassung über der Zeit gelernt werden. Ferner können gelernte Attribute oder gelernte Landmarken aus einer wiederholten Fahrt eines Fahrzeugs auf einer Route erfasst und bei einer Identifikation eines freien Pfads verwendet werden.

**[0097]** Hierin oben sind Ausführungsformen zum Detektieren eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch die Kameraeinrichtung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, beschrieben. Die hierin erläuterten beispielhaften Ausführungsformen umfassen jedoch ein Verfahren zum Ermitteln des Inhalts eines Bilds eines Verkehrsinfrastrukturindikators zum Verbessern der Ermittlung eines freien Pfads. Es sei angemerkt, dass ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises durch das Verarbei-

tungsmodul analysiert werden kann, um den Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises zu ermitteln. Der Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises kann auf diese Weise mit der Ermittlung eines freien Pfads erweitert werden, um die Ermittlung eines freien Pfads zu modifizieren oder zu verbessern, wobei der verbesserte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird. Beispielsweise kann die Ermittlung eines freien Pfads aus dem Inhalt eines Verkehrssignals, wie beispielsweise eines Stoppsignals, das eine sich nähernde Kreuzung angibt, abgeleitet werden. Ähnlich kann eine Ermittlung eines freien Pfads, die eine sich nähernde Kreuzung angibt, verwendet werden, um ein sich näherndes Rotlicht abzuleiten. Bei einer Ausführungsform kann ein Bereich auf einer Kreuzung nach einem Stoppschild für nicht frei gehalten werden, bis das Fahrzeug den Stopp für das Stoppschild abgeschlossen hat.

**[0098]** Wie oben erläutert werden die mehreren Bilder, die durch die Kameraeinrichtung erzeugt werden, durch das Verarbeitungsmodul überwacht und analysiert. Auf der Grundlage der analysierten Bilder von dem Kamerasystem kann ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen des Bilds ermittelt werden, die keine potentielle Fahrbahn angeben. Beispielsweise und in Bezug auf [Fig. 9](#) verwendet das erste Schema eine strukturreiche Bildanalyse eines Sichtfelds vor dem Fahrzeug, wobei analysierte Pixel-Merkmale, die bestimmte interessierende Punkte auf der Grundlage einer kontextabhängigen Ansicht in dem Bild beschreiben, abgebildet und verwendet werden, um einen freien Pfad vor dem Host-Fahrzeug zu ermitteln. Bei einem anderen Beispiel und in Bezug auf [Fig. 16](#) und [Fig. 19](#) verwendet das zweite Schema eine strukturlose Bildanalyse zum Filtern nicht konformer Bildgebiete des Bilds als nicht zu einer planaren konsistenten Fahrbahn gehörend, wobei mehrere gefilterte Bilder miteinander vereinigt werden, um einen freien Pfad zu ermitteln. Es sei angemerkt, dass das erste Schema und das zweite Schema auf eine Anzahl von Arten vereinigt werden können. Beispielsweise kann ein Bild mit identifizierten Punkten und ermittelten Höhen, die mit strukturreichen Verfahren identifiziert werden, mit einem gefilterten Bild, das durch strukturlose Verfahren erzeugt wird, überlagert werden, und kann eine Vereinbarung der beiden Verfahren verwendet werden, um durch das überlagerte Bild einen freien Pfad zu definieren.

**[0099]** Bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung kann ein freier Fahrpfad, der durch Analysieren von Bildern der Kameraeinrichtung ermittelt wird, auf der Grundlage eines Inhalts eines Bilds eines Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert werden. Wie oben erläutert kann das Kamerasystem als Eingang für das Verarbeitungsmodul verwendet werden, um den Inhalt eines Verkehrsinfrastrukturhinweises zu ermitteln und eine Er-

mittlung eines freien Pfads auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises zu modifizieren. Das Kamerasystem umfasst eine Kamera oder eine Bilderfassungseinrichtung, die periodische oder sequentielle Bilder aufnimmt, die eine Sicht aus dem Fahrzeug darstellen. Es ist in der Technik bekannt, dass Verfahren zum Analysieren einer visuellen Information eine Mustererkennung, eine Ecken-detektion, eine Detektion vertikaler Kanten, eine Erkennung vertikaler Objekte und andere Verfahren umfassen. Ferner umfasst eine Bilderkennung häufig eine Programmierung, um nach Kontrast- oder Farbbänderungen in einem Bild zu suchen, die vertikale Linien, Kanten, Ecken oder andere Muster angeben, die Verkehrsinfrastrukturhinweise angeben.

**[0100]** Solche Bilderkennungsverfahren können Verfahren zum Wahrnehmen von Textnachrichten von den Schildern umfassen. Ferner können bestimmte Schildtypen, Logos oder Marken in einer Datenbank für einen Vergleich gespeichert sein und auf einen Kontext oder eine Signifikanz querverweisen. Es sei jedoch angemerkt, dass visuelle Darstellungen mit hoher Auflösung des Felds vor einem Fahrzeug, die mit einer hohen Rate aktualisiert werden, die notwendig ist, um eine Bewegungen in Echtzeit wahrzunehmen, einen sehr großen zu analysierenden Umfang an Informationen umfassen. Eine Echtzeitanalyse einer visuellen Information kann äußerst aufwändig sein. Verfahren zum Vereinigen eines Eingangs von einem Kamerasystem, der durch Verfahren, wie beispielsweise eine Verfolgungsvereinigung, erzeugt wird, sind in der Technik bekannt und werden hierin nicht ausführlich erläutert. Ein Verwenden eines Vereinigens von Eingängen hilft beim Unterscheiden von sich bewegenden Objekten, wie beispielsweise Fahrzeugen, von stationären Verkehrsinfrastrukturhinweisen, wie beispielsweise einem Verkehrsschild.

**[0101]** Es können Kameradaten verwendet werden, um Verkehrsinfrastrukturindikatoren, wie beispielsweise Verkehrsschilder und Ampeln, zu detektieren. Es sei angemerkt, dass andere Einrichtungen verwendet werden können, um Verkehrsinfrastrukturindikatoren zu detektieren. Beispielsweise kann LIDAR verwendet werden, um das Vorhandensein von Schildern und einen Kontext aus den Schildern zu erkennen, wie beispielsweise ein Wahrnehmen der Form eines Stoppschildes. Es können Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikationen (V2I-Kommunikationen) verwendet werden, um einen Inhalt eines Straßenschildes oder einer Ampel an vorbeifahrende Fahrzeuge zu übermitteln, und es können andere fahrzeugeigene Einrichtungen, wie beispielsweise ein Radarsystem, verwendet werden, um die Verkehrsbefehle, beispielsweise hinsichtlich einer Kreuzung oder eines Orts eines Wegweisers, zu lokalisieren. Es können Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationen (V2V-Kommunikationen) verwendet werden, um Da-

ten zwischen Fahrzeugen zu übermitteln, wobei beispielsweise ein Fahrzeug ein Kamerasystem verwendet, das eine Information über eine Kreuzung an folgende Fahrzeuge, die sich der Kreuzung nähern, übermittelt. Bei einem anderen Beispiel können Fahrzeuge, die an einem Stoppschild an einer Kreuzung stehen geblieben sind, V2V-Kommunikationen verwenden, um eine Reihenfolge für die Fahrzeuge, um an ihren Stoppschildern vorbeizufahren, zu verhandeln, wobei der freie Pfad jedes Fahrzeugs die Verhandlung reflektiert. Bei einer Ausführungsform kann eine Kreuzung als nicht freier Pfad ermittelt werden, bis die Verhandlung für das Weiterfahren des Fahrzeugs durchgeführt wurde. Ähnlich kann ein rotes Licht verwendet werden, um die Kreuzung als nicht frei zu klassifizieren, bis das Licht grün wird. Es werden eine Anzahl von Einrichtungen und zusätzliche Ausführungsformen, die die Einrichtungen zum Detektieren von Verkehrsinfrastrukturhinweisen verwenden, in Betracht gezogen, und die Offenbarung soll nicht auf die hierin beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen beschränkt sein.

**[0102]** Verkehrsinfrastrukturhinweise umfassen zahlreiche Möglichkeiten. Verkehrsinfrastrukturhinweise können unter anderem Verkehrsschilder und Verkehrssignale umfassen. Verkehrsschilder können Geschwindigkeitsbeschränkungshinweise oder Straßenklassifizierungsindikatoren umfassen, wie beispielsweise Autobahnindikatoren. Solche Indikatoren können bei einer Analyse eines freien Pfads verwendet werden, um einen Typ der Straße, auf der gefahren wird, vorherzusagen. Beispielsweise umfasst eine Straße mit einer hohen Geschwindigkeitsbeschränkung oder mit einer Autobahnbezeichnung wahrscheinlich keine scharfe Kurve über bestimmte Richtlinien hinaus. Verkehrsschilder umfassen ferner sich nähernde Straßengeometrien in Bezug auf Verkehrsspuren, wie beispielsweise vorgegebene Straßenverläufe, Abbiegefahrstreifen, Einbahnstraßen-, Rechtshalte-, Linkshalte- und Ausfahrts-/Ausfahrts-Verkehrsschilder. Verkehrsschilder können ferner Warnungen hinsichtlich sich nähernder Straßengeometrien umfassen, wie beispielsweise eine zusätzliche linke/rechte Spur, ein Ende einer linken/rechten Spur, Sackgasse, Seitenstraße links/rechts, Bahnübergänge, Doppelkurven, links/rechts beginnende Doppelkurven, Spurende und sich nähernde Kreuzungen. Eine Analyse eines freien Pfads kann eine verbesserte Verkehrsinfrastrukturhinweisdetektion umfassen, die sich auf der Grundlage einer vorhergesagten Straßengeometrie auf Rechenressourcen richtet. Beispielsweise kann ein stückbasiertes Gittermuster derart ausgewählt werden, dass es Stücke umfasst, die insbesondere an einer linken Seite eines Sichtfelds angeordnet sind, wenn eine bevorstehende Linkskurve der Straße vorhergesagt wird. Eine strukturreiche Analyse kann in einer ähnlichen Situation, in der Spurmarkierungen und begleitende Indikatoren der Linkskurve

folgend detektiert werden, eine dedizierte Analyse umfassen, die die Spurmarkierungen um die Kurve führt. Durch Fokussieren der Rechenressourcen auf der Grundlage einer vorbestimmten Straßengeometrie kann die gesamte Detektion effizienter gemacht werden. Ferner sei angemerkt, dass die Detektion eines freien Pfads ein Entwickeln von verschiedenen Hypothesen des Aufbaus der detektierten Fahrbahn und ein Auswählen zwischen diesen verschiedenen Hypothesen, um den freien Pfad zu ermitteln, umfasst. Eine zusätzliche Information, die eine Information umfasst, die von Verkehrsinfrastruktureinrichtungen zur Verfügung steht, kann verschiedenen Hypothesen mehr oder weniger Gewicht verleihen. Es sei angemerkt, dass zusätzlich oder alternativ eine 3-D-Abbildungseinrichtung und eine GPS-Einrichtung verwendet werden können, um den Inhalt der Verkehrsschilder, die durch das Kamerasystem detektiert werden, zu ermitteln, wobei der Inhalt der Verkehrsschilder in der 3-D-Abbildungseinrichtung und/oder der GPS-Einrichtung gespeichert wird. Beispielsweise könnte ein sich nähernder Kreisverkehr verwendet werden, um eine Analyse eines freien Pfads auf der Grundlage eines a priori bekannten Aufbaus eines Kreisverkehrs nach rechts führen. Ferner kann ein Inhalt von Verkehrsschildern auch in Bezug auf Straßenbaustellengeometrien verwendet werden, um den ermittelten freien Pfad zu modifizieren. Beispielsweise kann eine Geschwindigkeitsbeschränkung in einer Baustellenzone aufgrund der Anwesenheit von Arbeitern reduziert werden. Obwohl durch das Kamerasystem unter Verwendung eines der obigen Schemas ein freier Pfad ermittelt werden kann, kann der Inhalt eines Verkehrsschildes, das eine reduzierte Geschwindigkeit in der Baustellenzone angibt, für eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile mit dem ermittelten freien Pfad erweitert werden und verwendet werden, um die Navigation des Fahrzeugs zu unterstützen. Bei einem anderen Beispiel weisen Baustellenzonenschilder häufig warnend auf sich verändernde Spuren, Spurenden, Anweisungen zum Beibehalten einer momentanen Spur und andere ähnliche Hinweise hin. Solche Hinweise können verwendet werden, um eine Detektion eines freien Pfads mit den Schilderanweisungen zu verbessern. Ähnlich kann der detektierte freie Pfad verwendet werden, um das Verständnis der Indikatoranweisungen zu erweitern, wobei beispielsweise die Grenzen des detektierten freien Pfads wahrscheinlich Baustellenzonennindikatoren umfassen.

**[0103]** In Bezug auf [Fig. 20](#) zeigt eine beispielhafte Ausführungsform ein Prozessschema **700** zum Ermitteln eines verbesserten freien Pfads auf der Grundlage einer Verfeinerung gegenseitiger Vorteile zwischen einer Verkehrsschildanalyse und einer Abbildungsvereinigung eines detektierten freien Pfads. Der beispielhafte Prozess **700** beginnt in Schritt **702**, in dem Bilder erzeugt werden. Es sei angemerkt, dass in Schritt **706** ein freier Pfad durch das erste

Verarbeitungsschema, wobei strukturreiche Verfahren eingesetzt werden, oder das zweite Verarbeitungsschema, wobei strukturlose Verfahren eingesetzt werden, detektiert werden kann, wobei jedes Schema eine Identifikation von Straßenmerkmalen ermöglicht, die nützlich sind, um einen freien Pfad in der Sicht des Fahrzeugs zu beschreiben. Eine Analyse eines freien Pfads durch die Vereinigung von strukturreichen und strukturlosen Verfahren wird als beispielhafte Analyse bereitgestellt, wobei jedoch angemerkt sei, dass eine beliebige der oben beschriebenen Analysen verwendet werden kann. In Schritt **710** können das erste Schema und das zweite Schema auf eine Anzahl von Arten vereinigt werden. Diese Verfahren sind oben erläutert und werden hierin nicht ausführlich erläutert. In Schritt **704** kann ein Verkehrsschild detektiert werden und in Schritt **708** kann es analysiert werden. Wie oben erläutert kann ein detektiertes Verkehrsschild analysiert werden, um den Inhalt des Verkehrsschildes zu ermitteln. Der Inhalt des Verkehrsschildes kann unter Verwendung einer Mustererkennung, einer Eckendetektion, einer Detektion vertikaler Kanten, einer Erkennung vertikaler Objekte, einer Bilderkennung und/oder von Bilderkennungsverfahren, die Verfahren umfassen, um Textnachrichten von den Schildern wahrzunehmen, ermittelt werden. Beispielsweise könnte eine Bilderkennung verwendet werden, um ein Stoppschild wahrzunehmen. Ferner kann das Verkehrsschild analysiert werden, um den Inhalt zu ermitteln, indem das Bild des Verkehrsschildes in einer Datenbank für einen Vergleich und einen Querverweis auf einen Kontext oder eine Signifikanz gespeichert wird. In Schritt **712** kann der Inhalt des analysierten Verkehrsschildes mit dem detektierten und vereinigten freien Pfad für eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile erweitert oder vereinigt werden. Eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile sorgt für eine Konfidenz des detektierten freien Pfades und kann zusätzlich verwendet werden, um die Möglichkeit von Verkehrsschildorten entlang der Fahrbahn abzuleiten. In Schritt **714** wird ein verbesserter freier Pfad auf der Grundlage der Verfeinerung gegenseitiger Vorteile, die in Schritt **712** ermittelt wurde, ermittelt.

**[0104]** Verkehrsinfrastrukturhinweise können auch Verkehrssignalhinweise umfassen. Verkehrssignalhinweise können Ampeln, Bahnübergangsgleuchten, Rotlichter und Abbiegewarnleuchten umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt. In Bezug auf [Fig. 21](#) zeigt eine beispielhafte Ausführungsform ein Prozessschema **800** zum Ermitteln eines verbesserten freien Pfades auf der Grundlage einer Verfeinerung gegenseitiger Vorteile zwischen einer Verkehrssignalstatusanalyse und einer Abbildungsvereinigung eines detektierten freien Pfades. Der beispielhafte Prozess **800** beginnt in Schritt **802**, in dem Bilder erzeugt werden. Es sei angemerkt, dass in Schritt **806** ein freier Pfad durch eine Vereinigung eines beispielhaften stückbasierten Verfahrens und eines beispiel-

haften Pixel-basierten Verfahrens detektiert werden kann. In Schritt **810** können die beiden Detektierungsverfahren auf eine Anzahl von Arten vereinigt werden. Diese Verfahren sind oben erläutert und werden hierin nicht ausführlich erläutert. In Schritt **804** kann ein Verkehrssignal, beispielsweise eine Ampel, detektiert werden, und in Schritt **808** kann es analysiert werden. In Schritt **814** kann das Verkehrssignal unter Verwendung einer Mustererkennung, einer Eckendetektion, einer Detektion vertikaler Kanten, einer Erkennung vertikaler Objekte, einer Bilderkennung, einer Bilderkennung und/oder eines Speicherns des Bilds des Verkehrssignals in einer Datenbank für einen Vergleich und einen Querverweis auf einen Kontext oder eine Signifikanz detektiert werden. Wie oben erläutert kann ein detektiertes Verkehrssignal analysiert werden, um den Inhalt des Verkehrssignals zu ermitteln. Beispielsweise kann eine Analyse einer Ampel ein Fahrtsignal, ein Stoppsignal oder ein Vorsichtssignal unterscheiden, indem Farbkontrastverfahren verwendet werden oder die Lichtintensität gemessen wird, um ein grünes, rotes oder gelbes Farbsignal zu ermitteln. In Schritt **812** kann der Inhalt des analysierten Verkehrssignals mit dem detektierten und vereinigten freien Pfad für eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile erweitert oder vereinigt werden. Eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile stellt eine Konfidenz für den detektierten freien Pfad bereit und kann ferner verwendet werden, um die Möglichkeit von Verkehrssignalorten auf der Fahrbahn abzuleiten. Beispielsweise kann, obwohl ein freier Pfad ermittelt werden kann, ein Hinweis eines roten Verkehrssignals mit dem detektierten freien Pfad erweitert werden, um das Fahrzeug zu informieren, dass Verkehr den freien Pfad kreuzen kann. In Schritt **814** wird ein verbesserter freier Pfad auf der Grundlage der Verfeinerung gegenseitiger Vorteile, die in Schritt **812** ermittelt wurde, ermittelt.

**[0105]** Durch Überwachen der Bilder von dem Kamerasystem und Anwenden einer Analyse auf die überwachten Bilder, um ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises zu identifizieren, und ferner Analysieren des Bilds des Verkehrsinfrastrukturhinweises, um den Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises zu ermitteln, kann der ermittelte freie Pfad auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert und bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet werden. Das analysierte Bild des Verkehrsinfrastrukturhinweises kann eine Schwellenwertbedingung beschreiben.

**[0106]** Die Schwellenwertbedingung kann voreingestellt, gelernt und/oder auf der Grundlage von zahlreichen Informationseingängen auswählbar sein. Die Schwellenwertbedingungen werden festgelegt, um nicht kritische oder nicht wünschenswerte Störungen an dem Fahrzeug zu minimieren, wobei das Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises, das eine Schwellenwertbedingung beschreibt, mit einer Er-

mittlung eines freien Pfads verarbeitet und erweitert wird, um einen verbesserten freien Pfad zu ermitteln, wobei der verbesserte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird. Es ist zu verstehen, dass das Fahrzeug in einem autonomen oder semi-autonomen Fahrmodus arbeiten kann. Das Fahrzeug umfasst eine Einrichtung eines autonomen Lenkens und eine Geschwindigkeitsregelungseinrichtung, die auf der Grundlage davon arbeiten, ob ein freier Pfad ermittelt wurde oder nicht, und ein zusätzliches Berücksichtigen des Inhalts von Verkehrsinfrastruktur-hinweisen, die Schwellenwertbedingungen beschreiben, stellt eine erhöhte Konfidenz des freien Pfads, der durch die Kameraeinrichtung erfasst und durch das Verarbeitungsmodul analysiert wird, bereit.

**[0107]** Es kann eine Detektion eines freien Pfads verwendet werden, um eine Detektion und ein Verständnis des Kontexts von Verkehrsschildern zu verbessern. Beispielsweise kann die momentane Geschwindigkeit eines Fahrzeugs überwacht werden, während das Kamerasystem ein Bild eines Verkehrsschildes, das die Geschwindigkeitsbeschränkung angibt, erfasst. Das durch das Kamerasystem erfasste Geschwindigkeitsbeschränkungsschild kann durch eine Mustererkennung analysiert werden, um einen Geschwindigkeitsbeschränkungshinweis wahrzunehmen. Die wahrgenommene Geschwindigkeitsbeschränkung wird auf diese Weise mit der überwachten Geschwindigkeit des Fahrzeugs verglichen, um auf der Grundlage des Vergleichs eine Schwellenwertbedingung anzugeben. Die Detektion der Geschwindigkeitsbeschränkung kann jedoch fehlerhaft sein. Durch eine Analyse des freien Fahrpfads, die beispielsweise eine sich nähernde scharfe Kurve der Straße oder ein Muster beschreibt, das eine spezielle Zone beschreibt, wie beispielsweise einen Parkplatz oder eine Schulzone, kann die überwachte Geschwindigkeitsbeschränkung mit der durch die Analyse eines freien Pfads wahrnehmbaren Information verglichen werden und nach Bedarf für ungültig erklärt werden.

**[0108]** Bei einem weiteren Beispiel kann das Kamerasystem ein Bild eines Verkehrssignalindikators erfassen, während die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs und die Distanz des Fahrzeugs zu dem Verkehrssignal überwacht werden. Das überwachte Bild des Verkehrssignalindikators kann in einer Datenbank für einen Vergleich gespeichert sein und auf einen Kontext querverweisen, um eine Ampel anzugeben. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs und die Distanz des Fahrzeugs zu der Ampel können verglichen werden, und auf der Grundlage des Vergleichs kann eine Schwellenwertbedingung angegeben werden. Beispielsweise kann auf der Grundlage der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und der Distanz des Fahrzeugs zu der Ampel eine Schwellenwertbedingung ermittelt werden, die beschreibt, dass das Fahrzeug nicht vorsieht, an der Ampel zu stoppen.

Die Schwellenwertbedingung kann mit der Ermittlung eines freien Pfads erweitert werden, um auf der Grundlage der Erweiterung zwischen dem ermittelten Schwellenwert und dem ermittelten freien Pfad eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile zu erzeugen.

**[0109]** Bei einem anderen Beispiel kann das Kamerasystem verwendet werden, um ein Bild eines Verkehrsschildes zu erfassen, während Informationseingänge überwacht werden können, um eine Spur zu beschreiben, auf der das Fahrzeug momentan fährt. Ein Spurende-Verkehrsschild, ein Informationsschild oder ein Schild einer konfigurierbaren Verkehrsnachricht oder eine elektronisch übertragene Fahrzeug-Infrastruktur-Übermittlung können analysiert werden, um auf der Grundlage des Überwachens von Informationseingängen in Bezug auf die Spur, auf der das Fahrzeug fährt, und Lücken auf Nachbarspuren zum Wechseln eine Schwellenwertbedingung anzugeben. Beispielsweise wird unter Verwendung von visuellen Informationseingängen von dem Kamerasystem ein Verständnis, auf welcher Spur das Fahrzeug momentan fährt, ermittelt, und kann eine Schwellenwertbedingung angegeben werden, wenn ein analysiertes Bild eines Verkehrsschildes angibt, dass die Spur, auf der das Fahrzeug momentan fährt, endet und ein Wechseln auf eine Nachbarspur erforderlich ist. Die Schwellenwertbedingung kann mit der Ermittlung eines freien Pfads erweitert werden, um auf der Grundlage der Erweiterung zwischen dem ermittelten Schwellenwert und dem ermittelten freien Pfad eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile zu erzeugen.

**[0110]** Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform können Schwellenwertbedingungen auf der Grundlage von überwachten Informationseingängen, die erweiterte Verkehrsschilder mit einem Risiko einer Missachtung angeben, realisiert werden. Ein durch das Kamerasystem erfasstes Stoppschild kann unter Verwendung einer Bilderkennung analysiert werden, die Farben und Formen angibt, die Stoppschilder angeben. Es können Informationseingänge in Bezug auf die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs und den Bremsweg bis zu dem Stoppschild überwacht werden. Es sei angemerkt, dass der Bremsweg bis zu dem Stoppschild unter Verwendung einer GPS-Information, einer 3D-Abbildungsinformation und/oder Radarrückführungen ermittelt werden kann. Es kann eine Schwellenwertbedingung angegeben werden, wenn auf der Grundlage der überwachten Informationseingänge in Bezug auf die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs und den Bremsweg zu dem Stoppschild ermittelt wird, dass das Risiko besteht, dass das Fahrzeug das Stoppschild missachtet. Die Schwellenwertbedingung kann mit der Ermittlung eines freien Pfads erweitert werden, um auf der Grundlage der Erweiterung zwischen dem ermittelten Schwellenwert und dem ermittelten freien Pfad eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile zu erzeugen.



[0111] Schritt 812 von Fig. 21 und Schritt 712 von Fig. 20 zeigen eine Verfeinerung gegenseitiger Vorteile, in die ein freier Pfad und eine Verkehrsinfrastrukturhinweisinformation eingegeben werden, um einen verbesserten freien Pfad auszugeben. Wie aus den oben beschriebenen Verfahren erkannt werden wird, kann ein freier Pfad von einer Detektion von Verkehrsinfrastrukturhinweisen profitieren, was ein Verständnis bezüglich dessen, welche Bereiche wahrscheinlich ein freier Pfad sind, erweitert. Es sei angemerkt, dass ein verbessertes Verkehrsinfrastrukturhinweisverständnis auf ähnliche Weise durch eine Analyse des identifizierten freien Pfads erreicht werden kann. Beispielsweise können in einem Baustellenbereich Hinweise eines freien Pfads, die sich verändernde Spuren des Verkehrs zeigen, oder Fahrzeuge, die unerwarteten Bewegungsänderungen unterliegen, verwendet werden, um eine Detektion und eine Analyse des Baustellenbereichs zu erweitern. Auf der Grundlage der Information eines freien Pfads können Rechenressourcen für die Analyse des Bereichs verwendet werden. Solch eine Analyse kann mit nachfolgenden Bildern iterativ untermauert werden, wobei eine Konfidenz entlang der Fahrtroute von sowohl dem freien Pfad als auch dem Verkehrsinfrastrukturhinweis aufgebaut wird. Ferner kann ein einzelnes Bild iterativ überprüft werden, wobei mehrere Iterationen einer Analyse eines freien Pfads und einer Verkehrsinfrastrukturhinweisanalyse die gesamte Analyse des einzelnen Bilds untermauern. Solch eine Analyseschleife kann Startannahmen und Ergebnisse der Analysen vorteilhaft verfeinern. Fig. 22 zeigt graphisch solch eine iterative Analyse gemäß der vorliegenden Offenbarung. Es ist Schritt 812 gezeigt, der eine Verkehrsinfrastrukturhinweisverfeinerung in Schritt 809 und eine Verfeinerung eines freien Pfads in Schritt 811 umfasst. Schritt 812 gibt sowohl den verbesserten freien Pfad wie oben beschrieben als auch eine zusätzliche beispielhafte verbesserte Objektverfolgungsinformation aus.

[0112] Die Offenbarung beschreibt bestimmte bevorzugte Ausführungsformen und Abwandlungen dieser. Weitere Abwandlungen und Änderungen können für Dritte beim Lesen und Verstehen der Beschreibung ersichtlich werden. Daher soll die Offenbarung nicht auf die bestimmte Ausführungsform/die bestimmten Ausführungsformen beschränkt sein, die als die Ausführungsform(en) offenbart ist/sind, die zum Ausführen dieser Offenbarung als am geeignetsten betrachtet wird/werden, sondern soll die Offenbarung alle Ausführungsformen umfassen, die innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Ansprüche liegen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch eine Kameraeinrich-

tung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, wobei das Verfahren umfasst, dass die Bilder überwacht werden;  
die Bilder analysiert werden, umfassend, dass ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen der Bilder ermittelt wird, die keine potentielle Fahrbahn angeben,  
ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird;  
der Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird;  
der freie Pfad auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert wird; und  
der modifizierte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln eines Bilds eines Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass ein Verkehrsschild ermittelt wird, wobei das Verkehrsschild vorzugsweise ein Stoppschild umfasst,  
wobei das Modifizieren des freien Pfads auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises vorzugsweise umfasst, dass angegeben wird, dass die Straße nach dem Stoppschild kein freier Pfad ist, bis das Fahrzeug an dem Stoppschild stoppt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verkehrsschild ein Straßengeometrieschild und/oder einen Baustellenhinweis umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln eines Bilds eines Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass ein Verkehrssignalhinweis ermittelt wird, wobei das Modifizieren des freien Pfads auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises vorzugsweise umfasst, dass angegeben wird, dass die Straße nach dem Verkehrssignal kein freier Pfad ist, wenn der Verkehrssignalhinweis eine Stoppbedingung angibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass das Bild des Verkehrsinfrastrukturindikators in einer Datenbank für einen Vergleich und einen Querverweis hinsichtlich eines Kontexts gespeichert wird,  
und/oder  
wobei das Ermitteln des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass eine Mustererkennung verwendet wird, um den Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises zu ermitteln,  
und/oder  
wobei das Ermitteln des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass eine Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikationsverbindung überwacht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner um-

fasst, dass eine GPS-Digitalabbildungseinrichtung überwacht wird; und wobei das Ermitteln des Bilds des Verkehrsinfrastrukturhinweises umfasst, dass ein Verkehrsanweisungssignal auf der Grundlage von Daten von der GPS-Digitalabbildungseinrichtung ermittelt wird, und/oder ferner umfassend, dass der Verkehrsinfrastrukturhinweis auf der Grundlage des freien Pfads verbessert wird; und der verbesserte Verkehrsinfrastrukturhinweis bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.

7. Verfahren zum Ermitteln eines verbesserten freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch eine Kameraeinrichtung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, wobei das Verfahren umfasst, dass Bilder von der Kameraeinrichtung überwacht werden; die Bilder analysiert werden, umfassend, dass ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen der Bilder ermittelt wird, die keine potentielle Fahrbahn angeben; eine Einrichtung überwacht wird, die Daten erzeugt, die einen Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben; die Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, analysiert werden, um eine Schwellenwertbedingung zu beschreiben; die Schwellenwertbedingung und der freie Pfad analysiert werden, um einen verbesserten freien Pfad zu ermitteln; und der verbesserte freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, das ferner umfasst, dass Informationseingänge überwacht werden, die den Betrieb des Fahrzeugs beschreiben; und wobei das Analysieren der Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, um die Schwellenwertbedingung zu beschreiben, auf den Informationseingängen basiert, wobei das Überwachen von Informationseingängen, die den Betrieb des Fahrzeugs beschreiben, vorzugsweise umfasst, dass eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs und eine Distanz des Fahrzeugs zu dem Verkehrsinfrastrukturhinweis überwacht werden; und wobei das Analysieren der Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, um die Schwellenwertbedingung anzugeben, umfasst, dass die Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, unter Verwendung einer Datenbank analysiert werden, um ein Verkehrssignal wahrzunehmen, die überwachte Geschwindigkeit des Fahrzeugs und die Distanz des Fahrzeugs zu dem Verkehrssignal verglichen werden, und auf der Grundlage des Vergleichs die Schwellenwertbedingung angegeben wird.

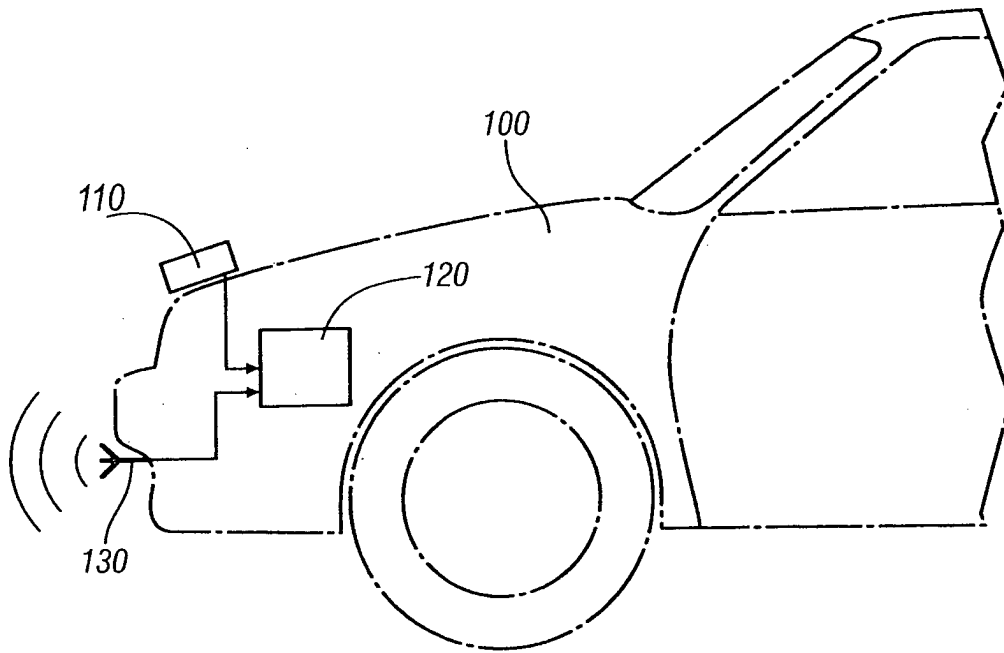
9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Analysieren der Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, um die Schwellenwertbedingung zu beschreiben, umfasst, dass eine momentane Geschwindigkeitsbeschränkung ermittelt wird; und wobei das Analysieren der Schwellenwertbedingung und des freien Pfads zum Ermitteln des verbesserten freien Pfads umfasst, dass der freie Pfad mit der momentanen Geschwindigkeitsbeschränkung verglichen wird; und der freie Pfad auf der Grundlage des Vergleichs modifiziert wird, und/oder wobei das Analysieren der Daten, die den Verkehrsinfrastrukturhinweis beschreiben, um die Schwellenwertbedingung zu beschreiben, umfasst, dass eine bevorstehende Straßengeometrie ermittelt wird; und wobei das Analysieren der Schwellenwertbedingung und des freien Pfads, um den verbesserten freien Pfad zu ermitteln, umfasst, dass der freie Pfad mit der bevorstehenden Straßengeometrie verglichen wird; und der freie Pfad auf der Grundlage des Vergleichs modifiziert wird.

10. System zum Detektieren eines freien Fahrpfads für ein Fahrzeug unter Verwendung einer Analyse mehrerer Bilder, die durch eine Kameraeinrichtung erzeugt werden, die sich an dem Fahrzeug befindet, wobei das System umfasst: eine Kameraeinrichtung, die sich an dem Fahrzeug befindet und ausgestaltet ist, um mehrere Bilder zu erzeugen; ein Steuermodul, das ausgestaltet ist, um die Bilder zu überwachen und die Bilder von der Kameraeinrichtung zu analysieren, wobei das Analysieren der Bilder von der Kameraeinrichtung umfasst, dass ein freier Pfad, an dem eine potentielle Fahrbahn geschätzt werden kann, aus anderen Teilen des Bilds ermittelt wird, die keine potentielle Fahrbahn angeben, ein Bild eines Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird, der Inhalt des Verkehrsinfrastrukturhinweises ermittelt wird, der freie Pfad auf der Grundlage des Inhalts des Verkehrsinfrastrukturhinweises modifiziert wird, und der freie Pfad bei der Navigation des Fahrzeugs verwendet wird.

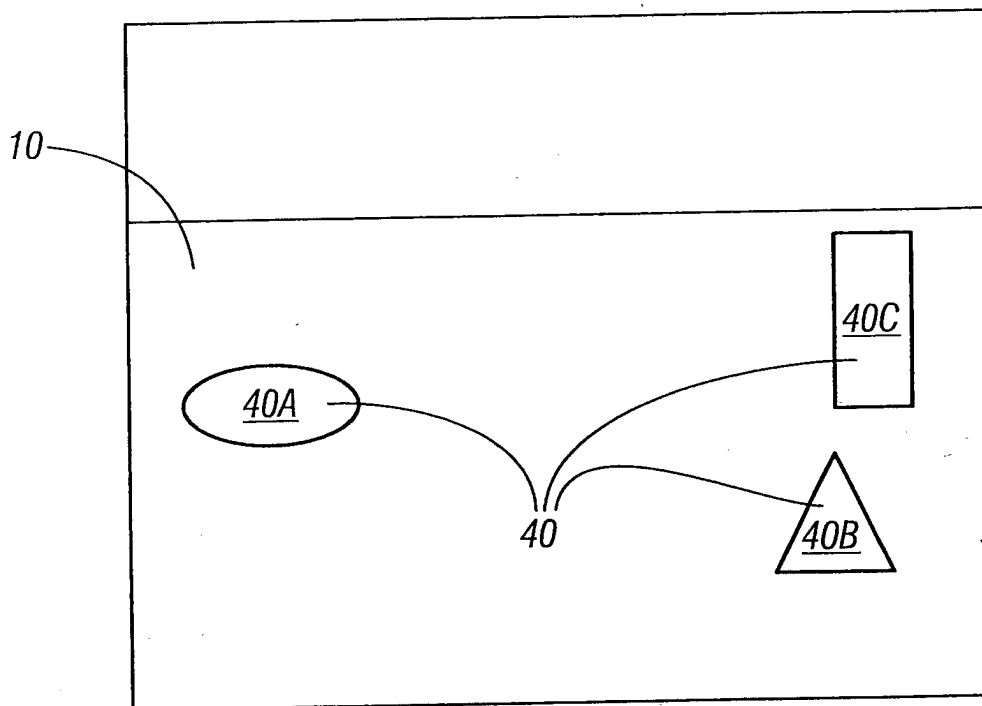
11. System nach Anspruch 10, ferner umfassend ein System eines autonomen Lenkens, das auf der Grundlage des Analysierens der Bilder von der Kameraeinrichtung arbeitet.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

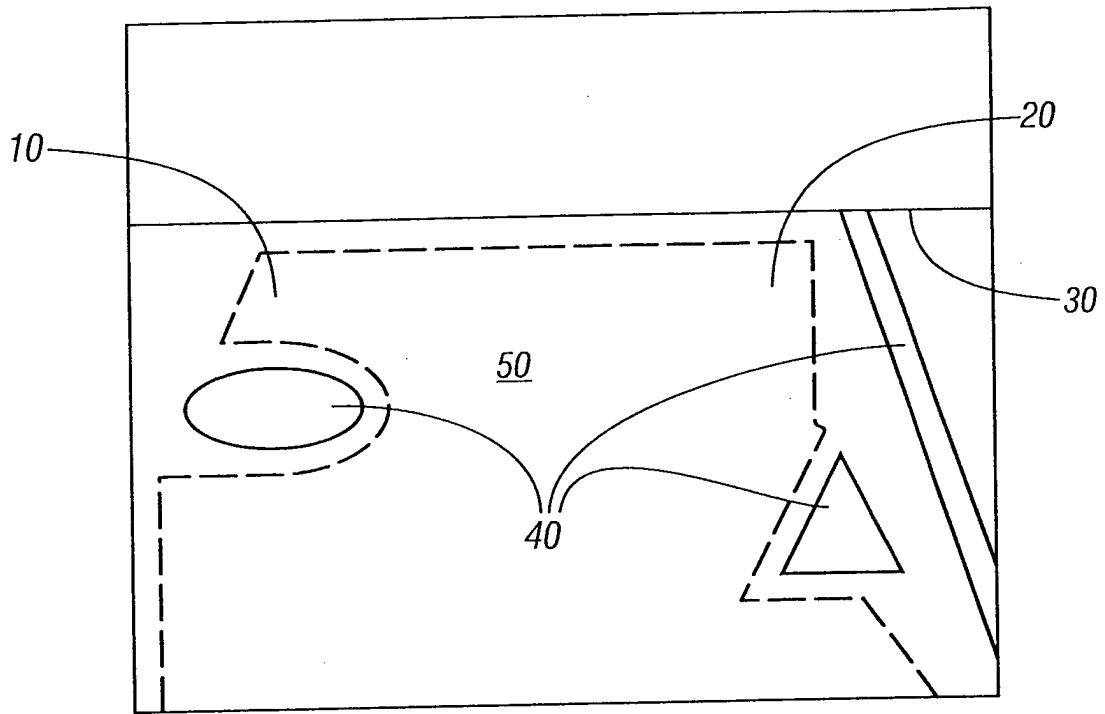
Anhängende Zeichnungen



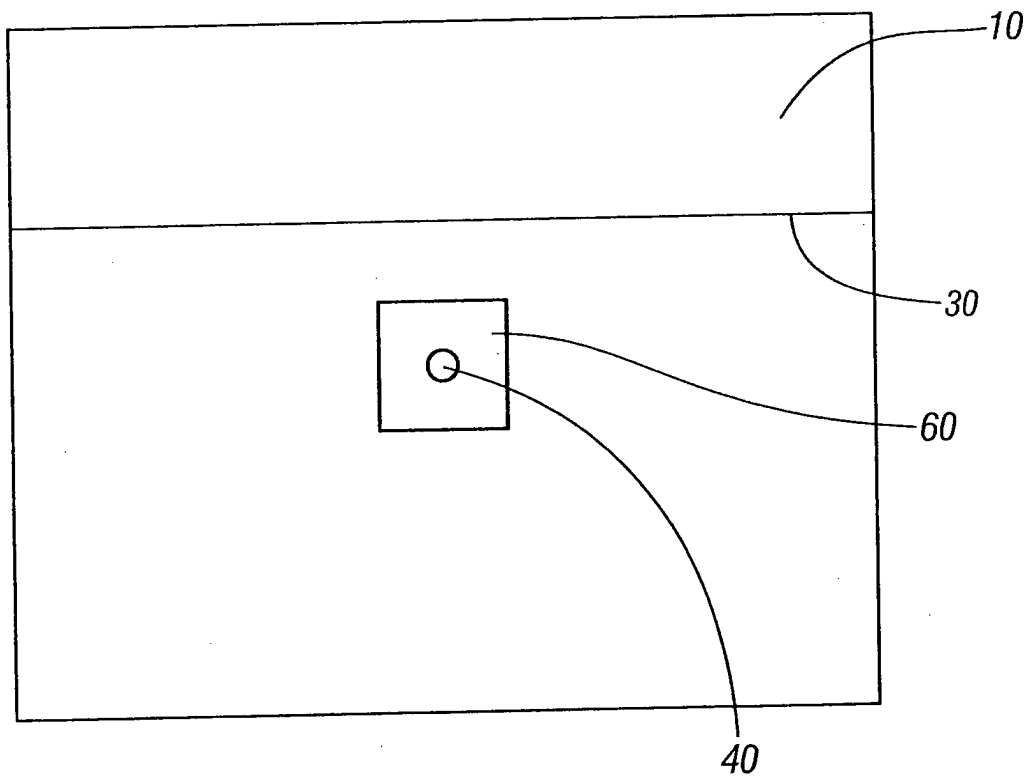
**FIG. 1**



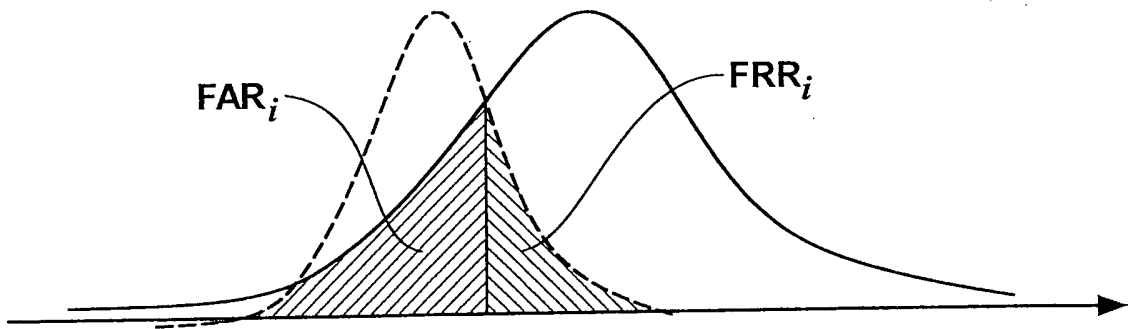
**FIG. 2**



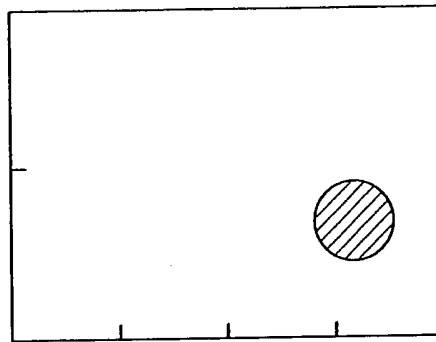
**FIG. 3**



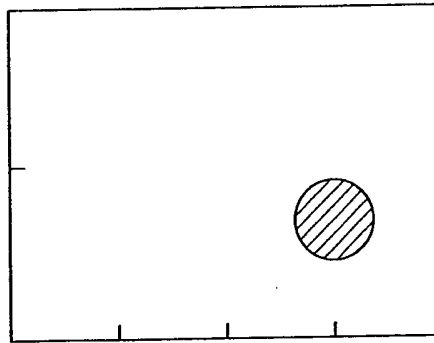
**FIG. 4**



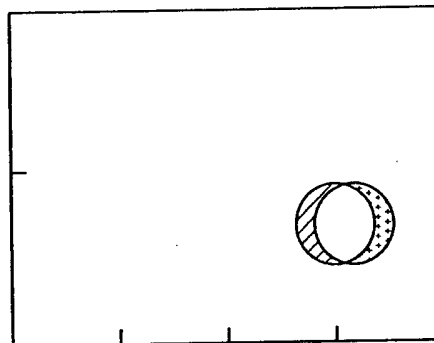
*FIG. 5*



*FIG. 6A*

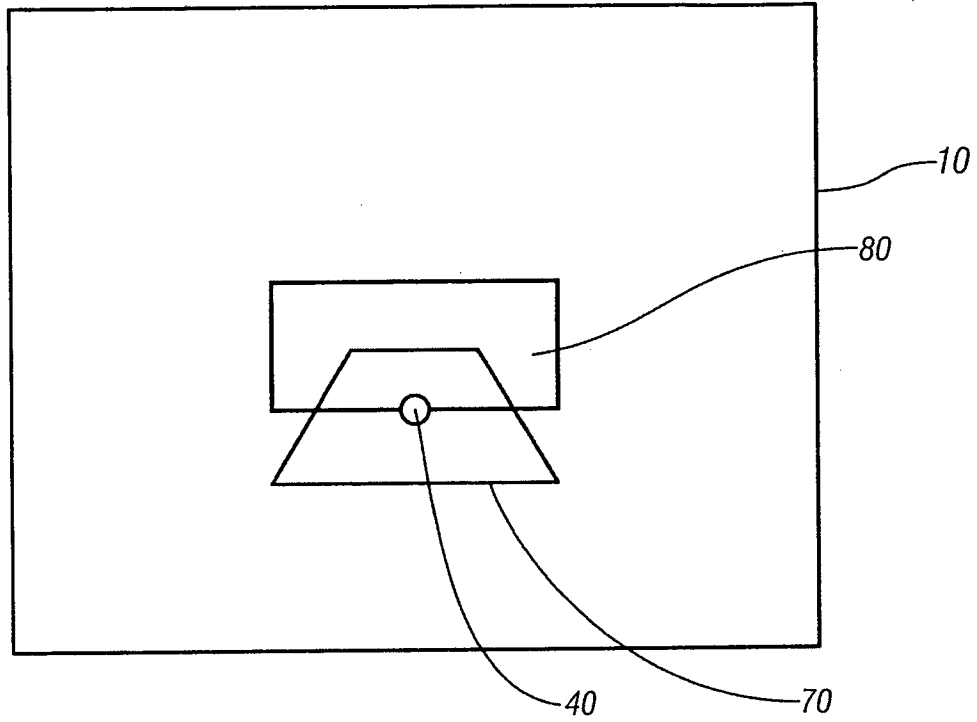


*FIG. 6B*

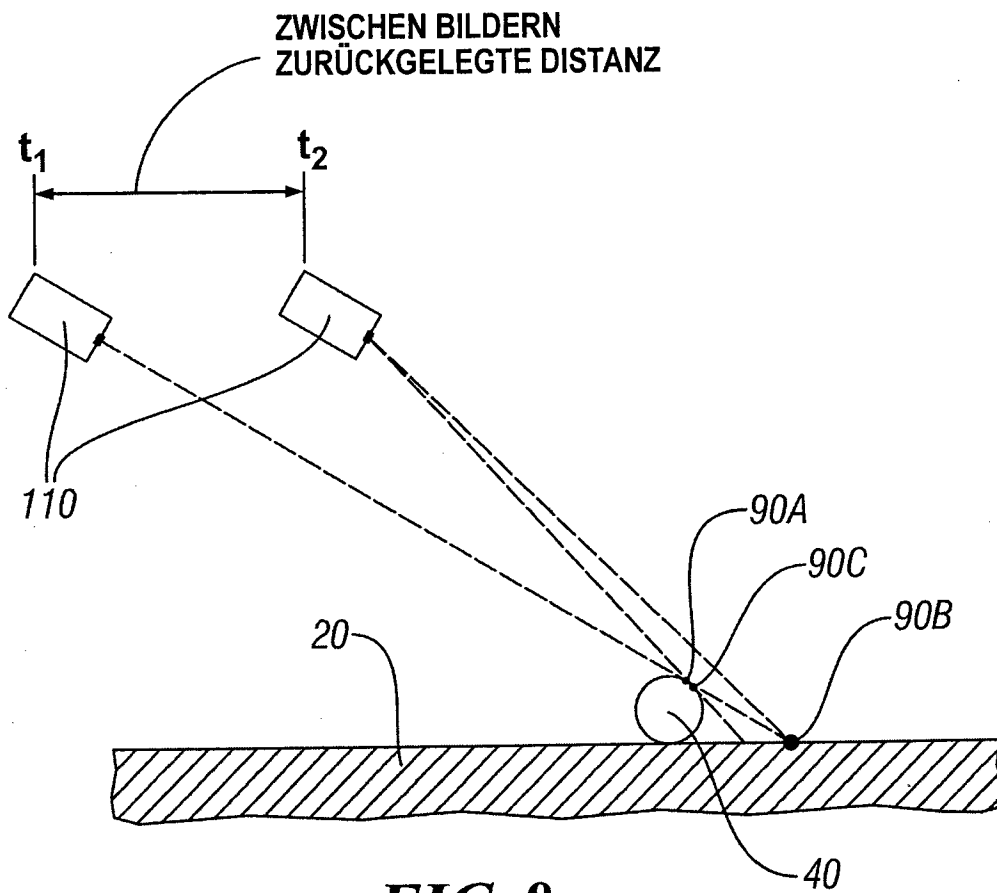


*FIG. 6C*





**FIG. 7**



**FIG. 8**

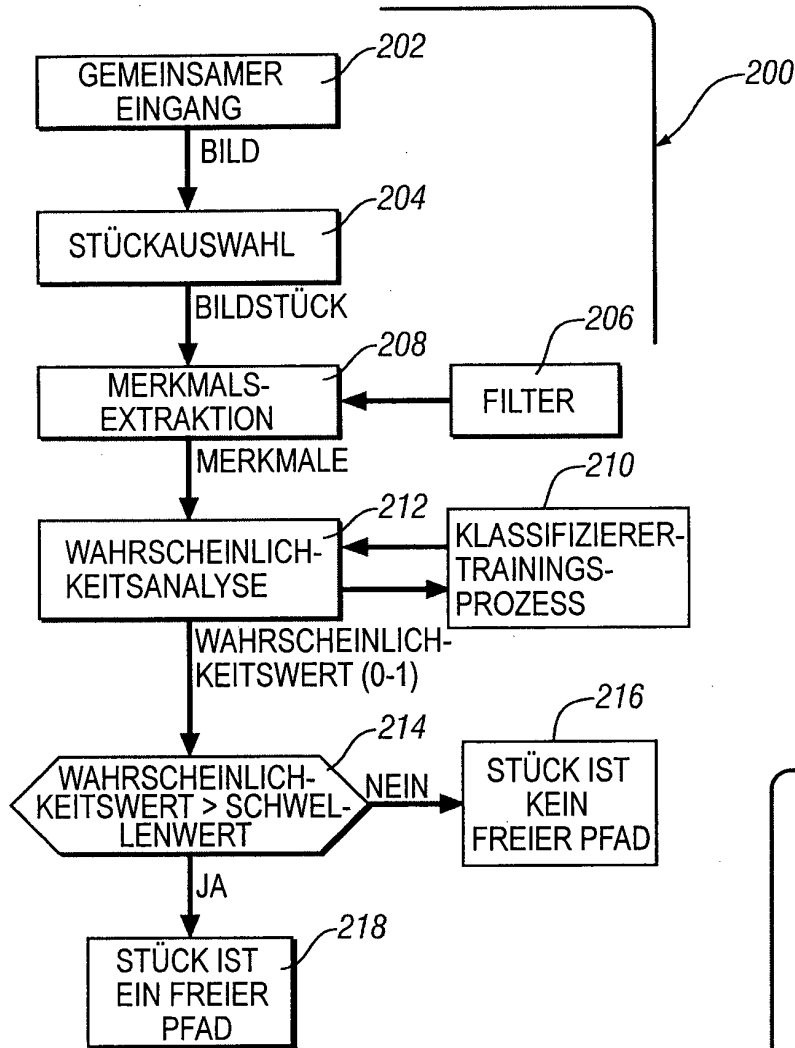


FIG. 9

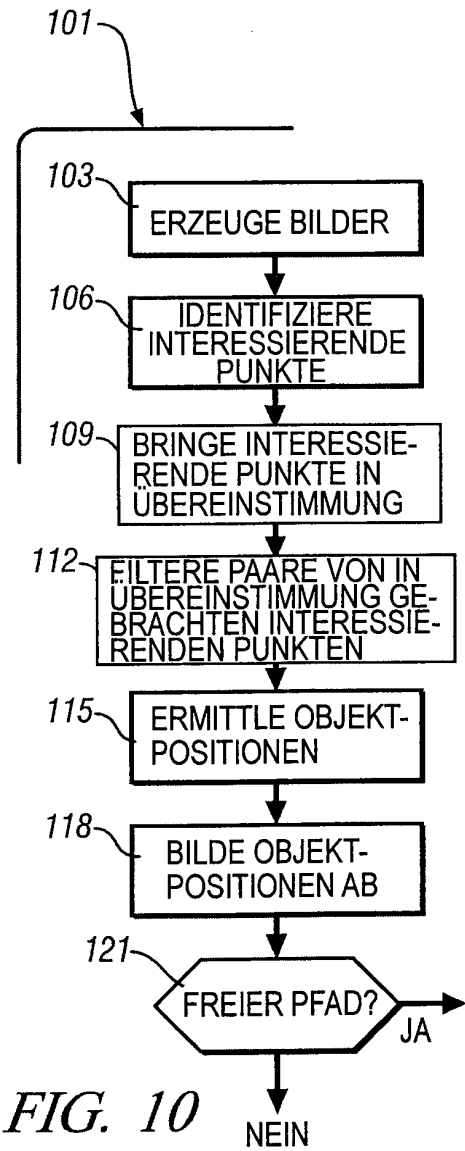


FIG. 10

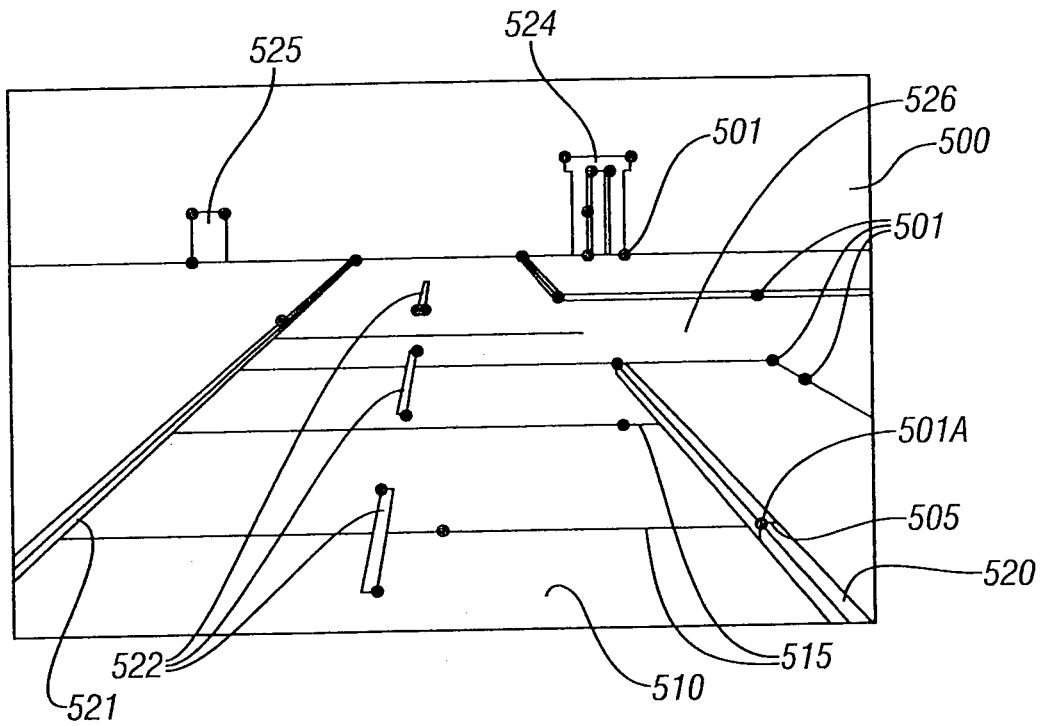


FIG. 11

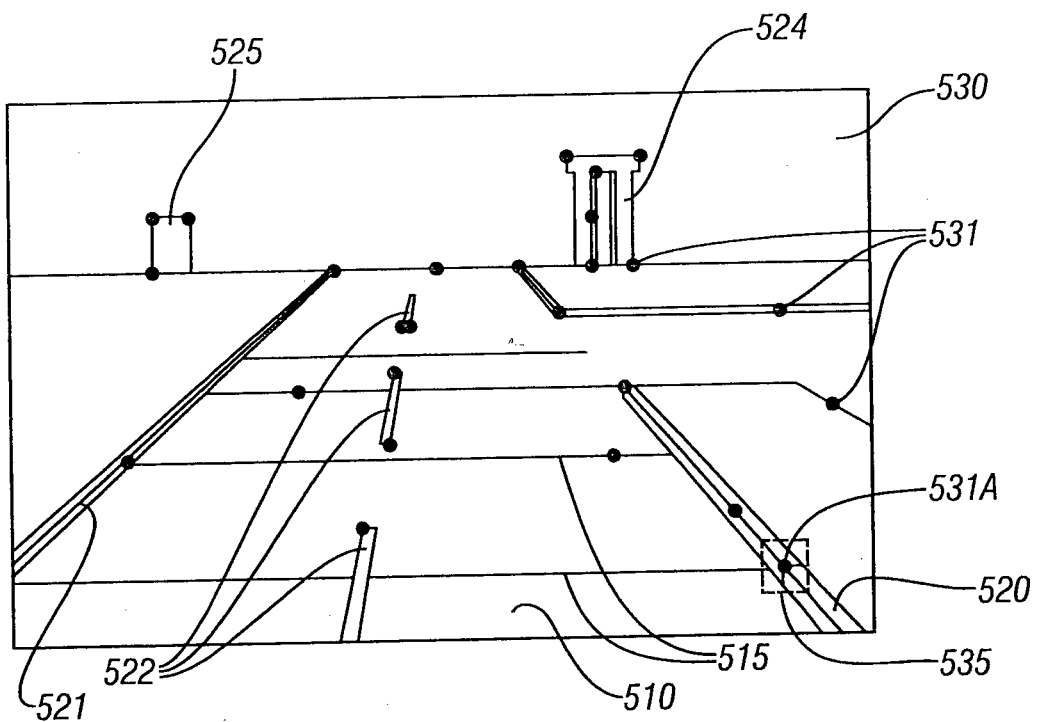
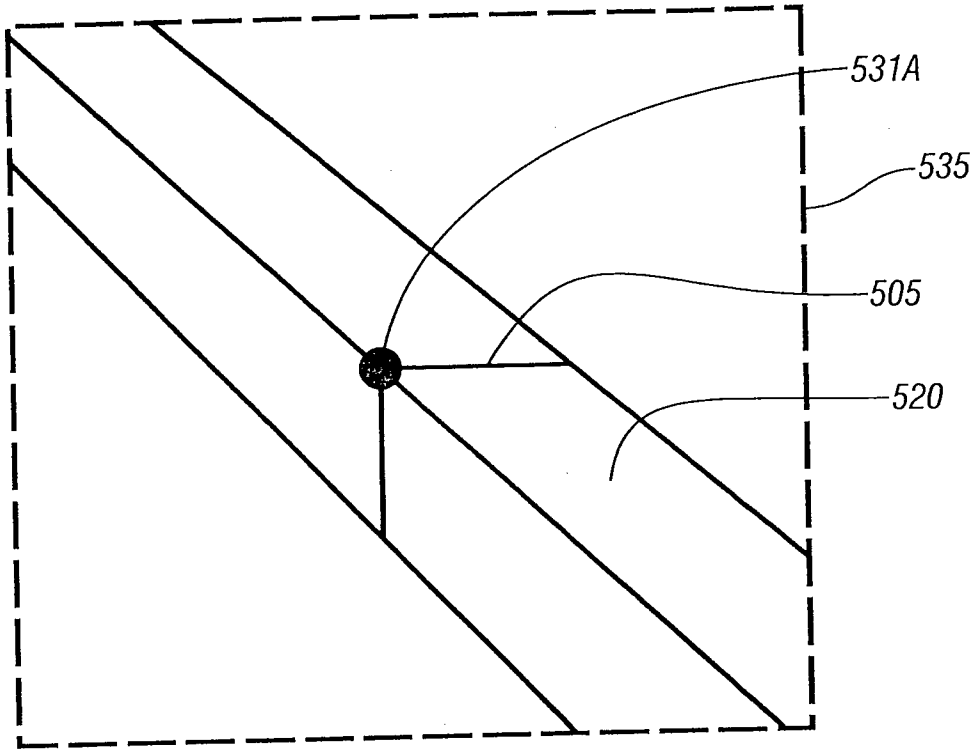
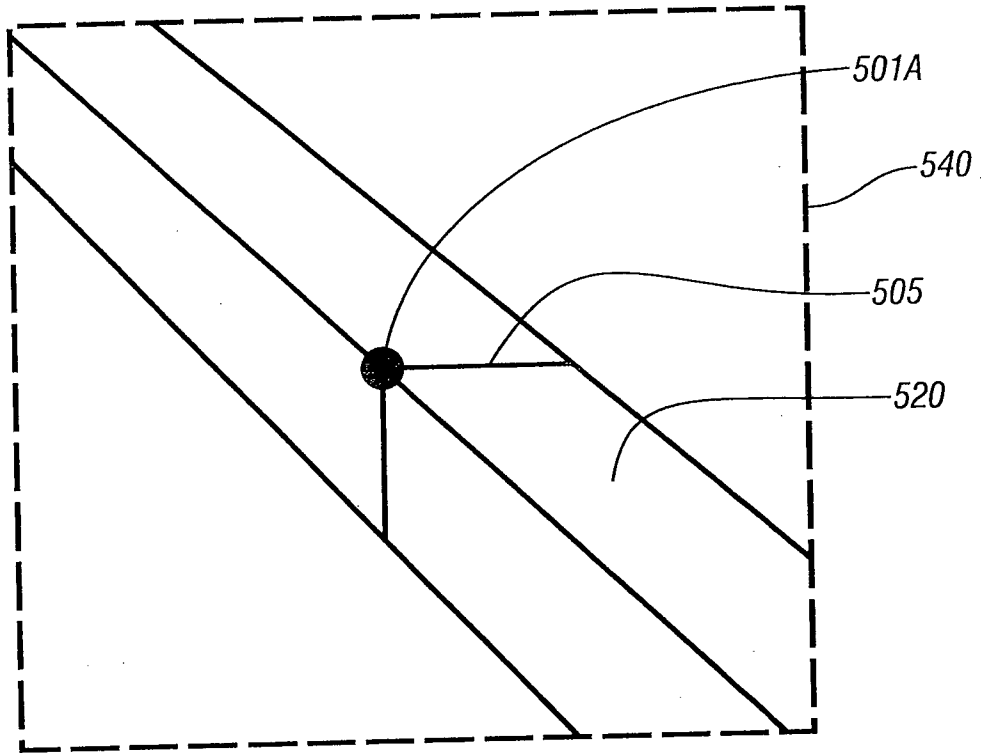


FIG. 12



*FIG. 13A*



*FIG. 13B*

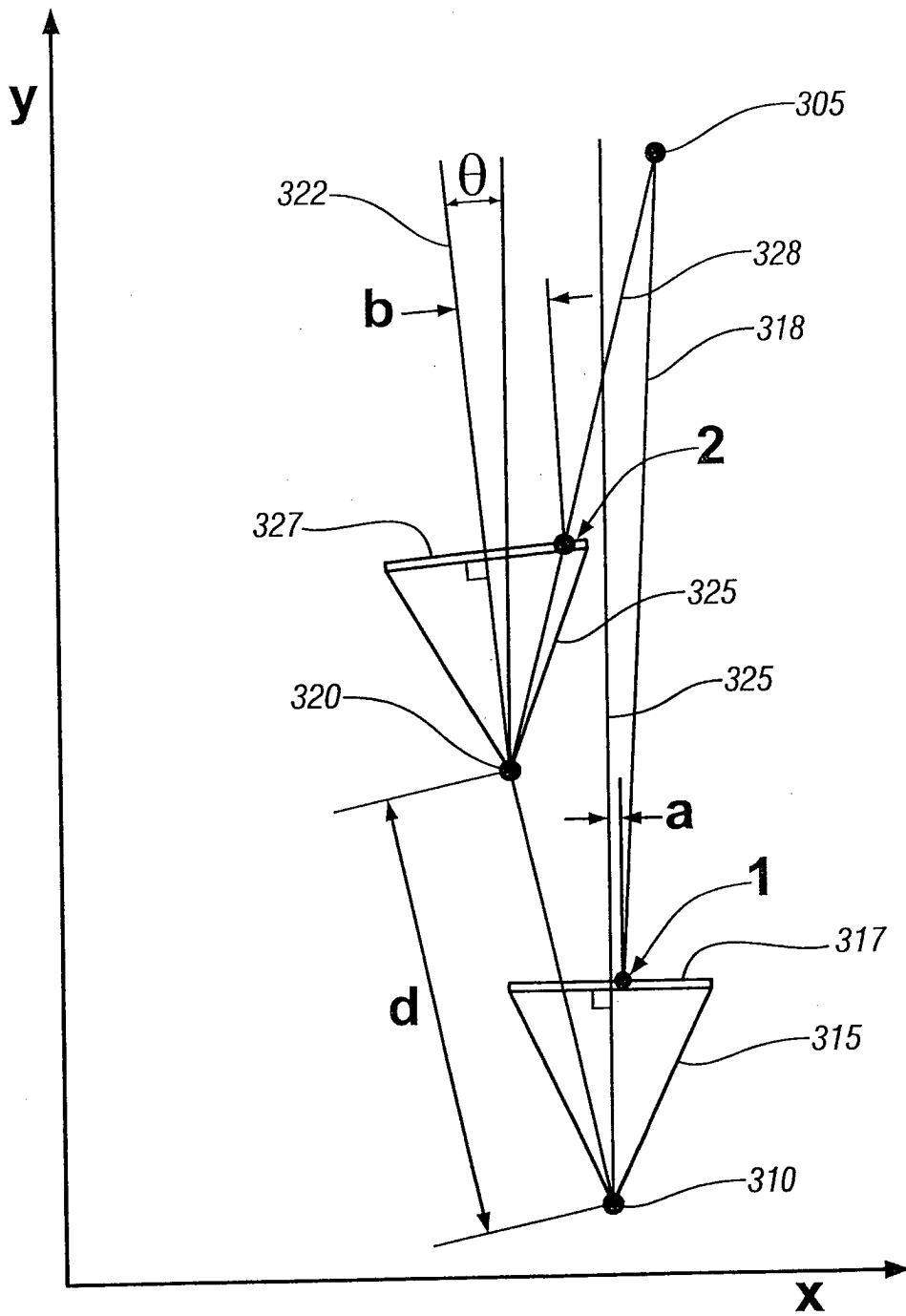
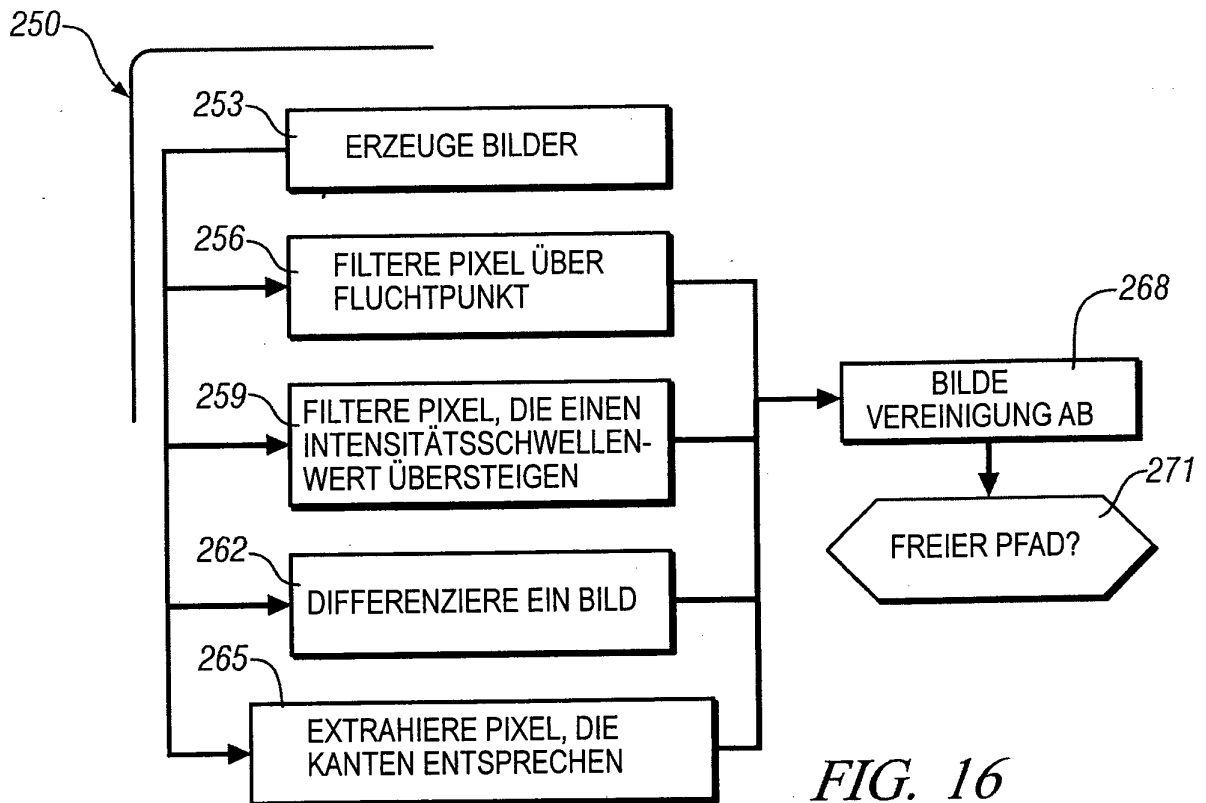
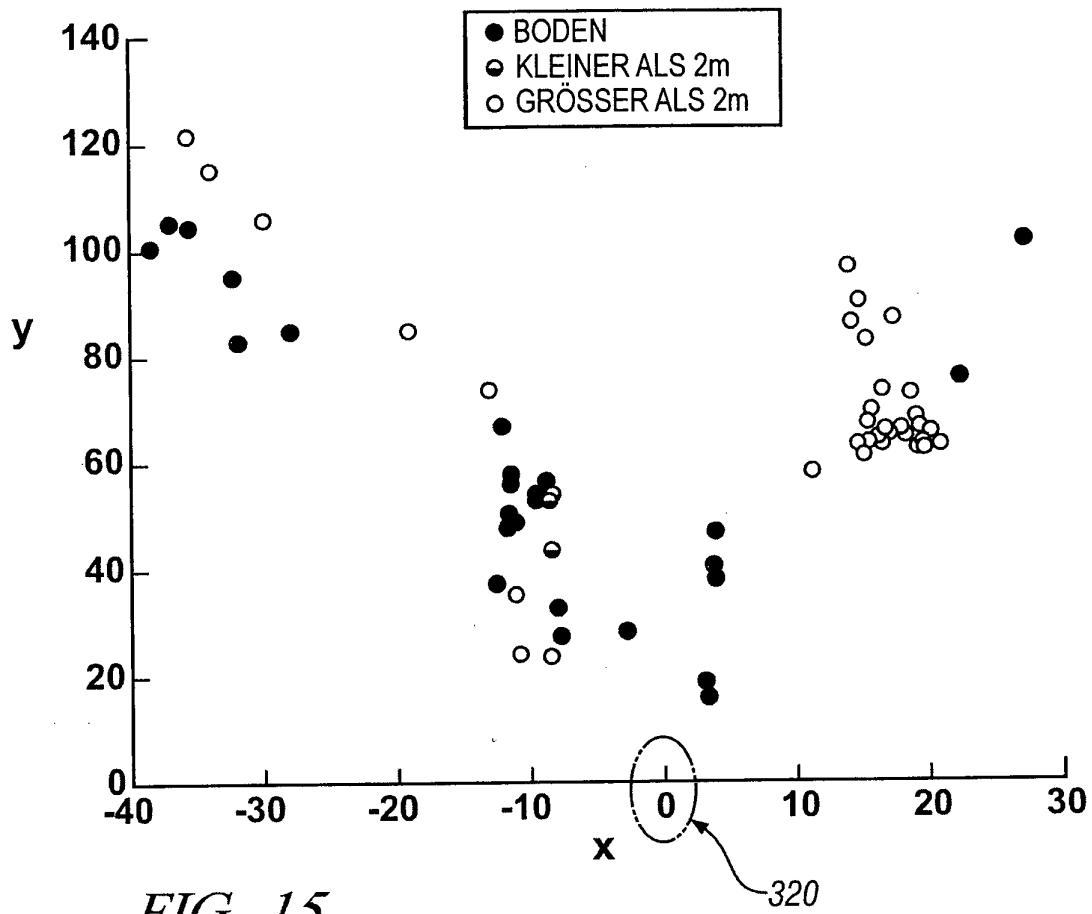
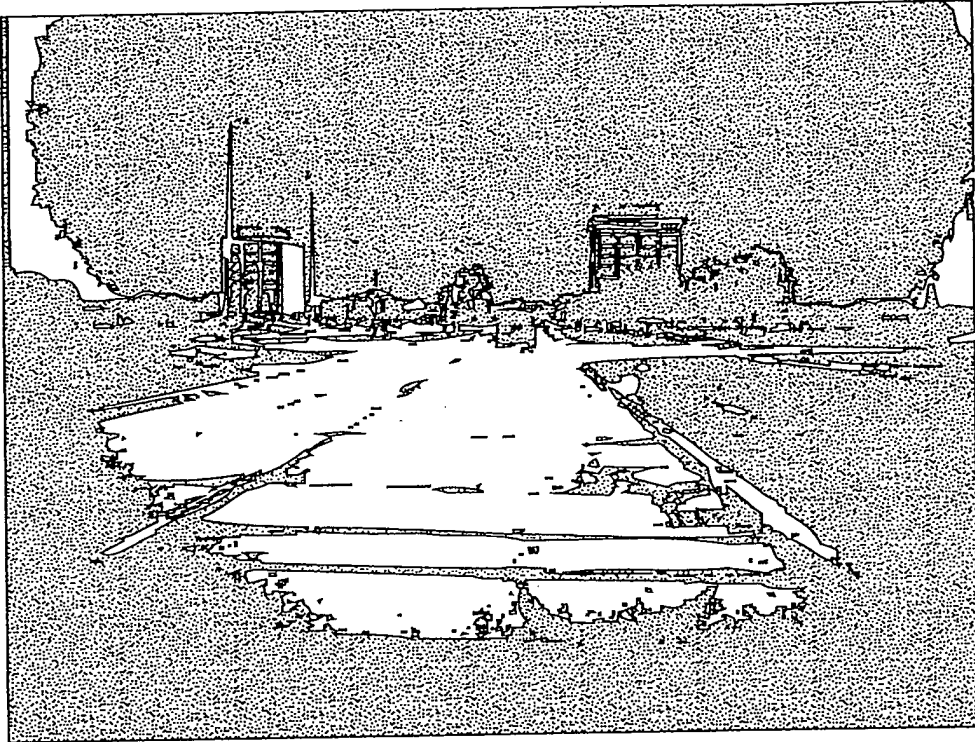


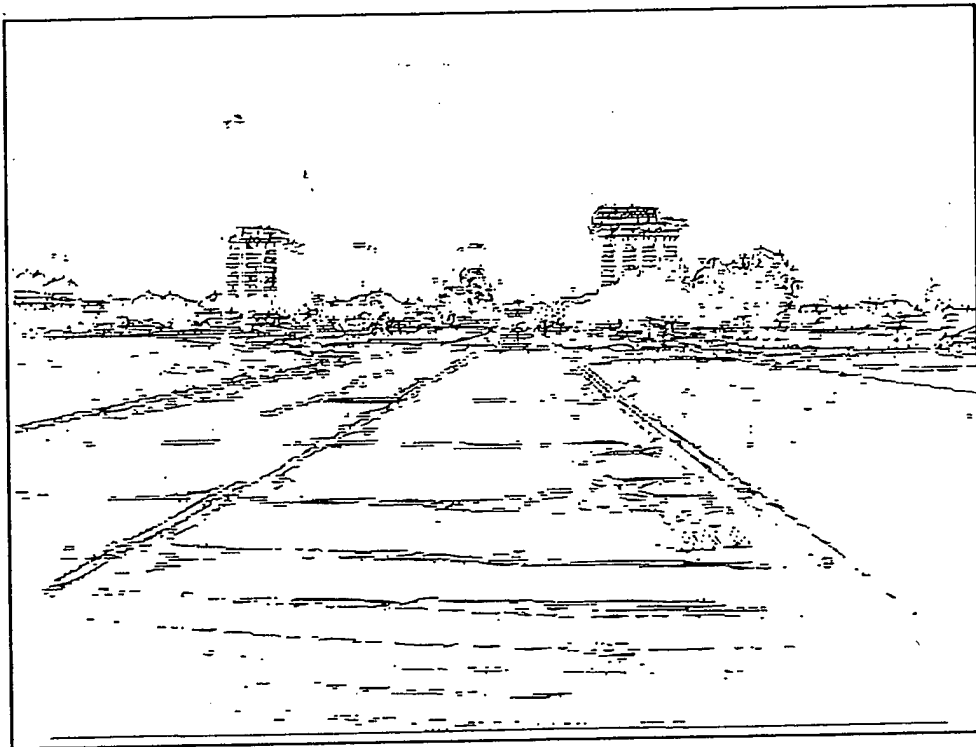
FIG. 14







*FIG. 17*



*FIG. 18*

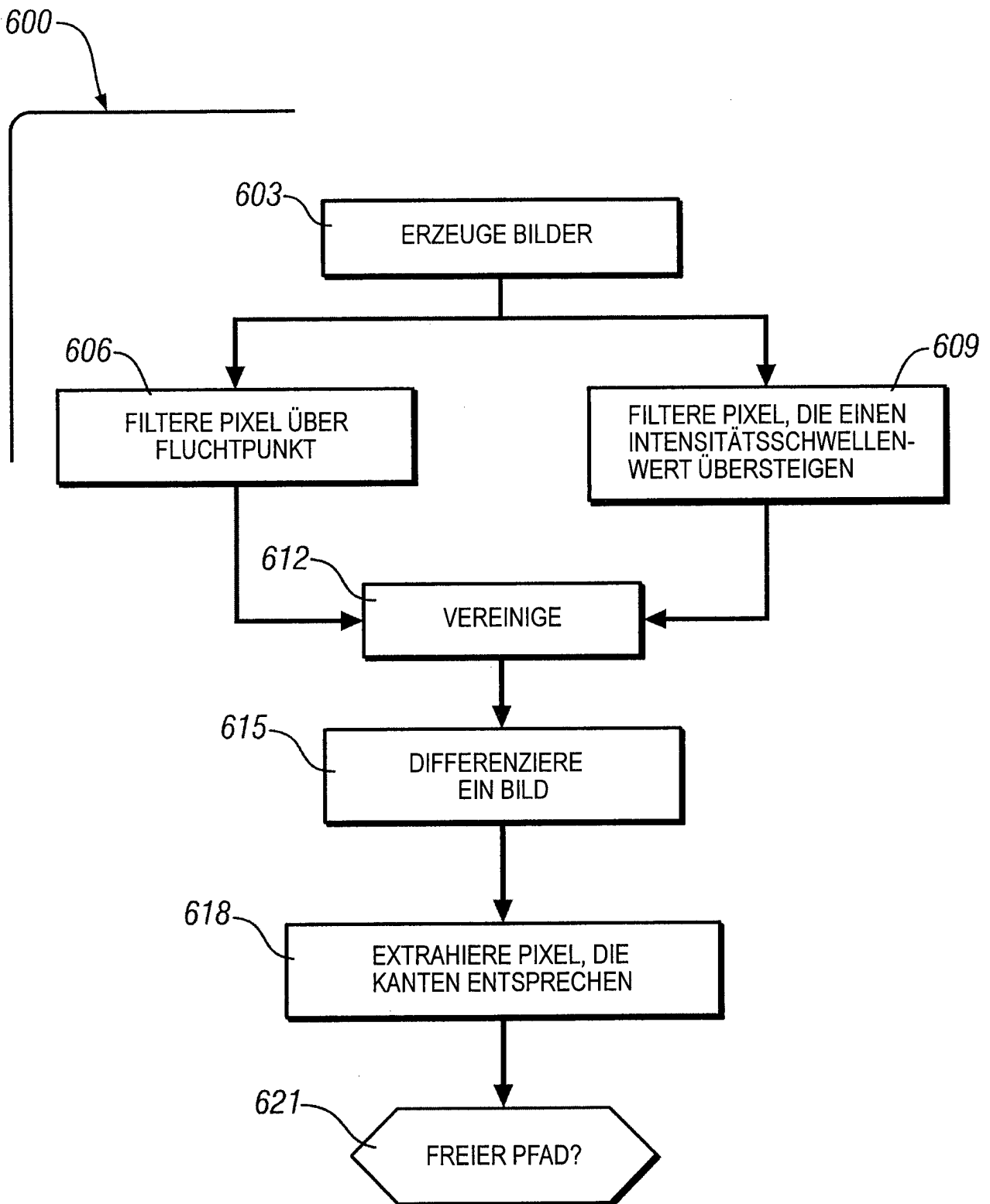


FIG. 19

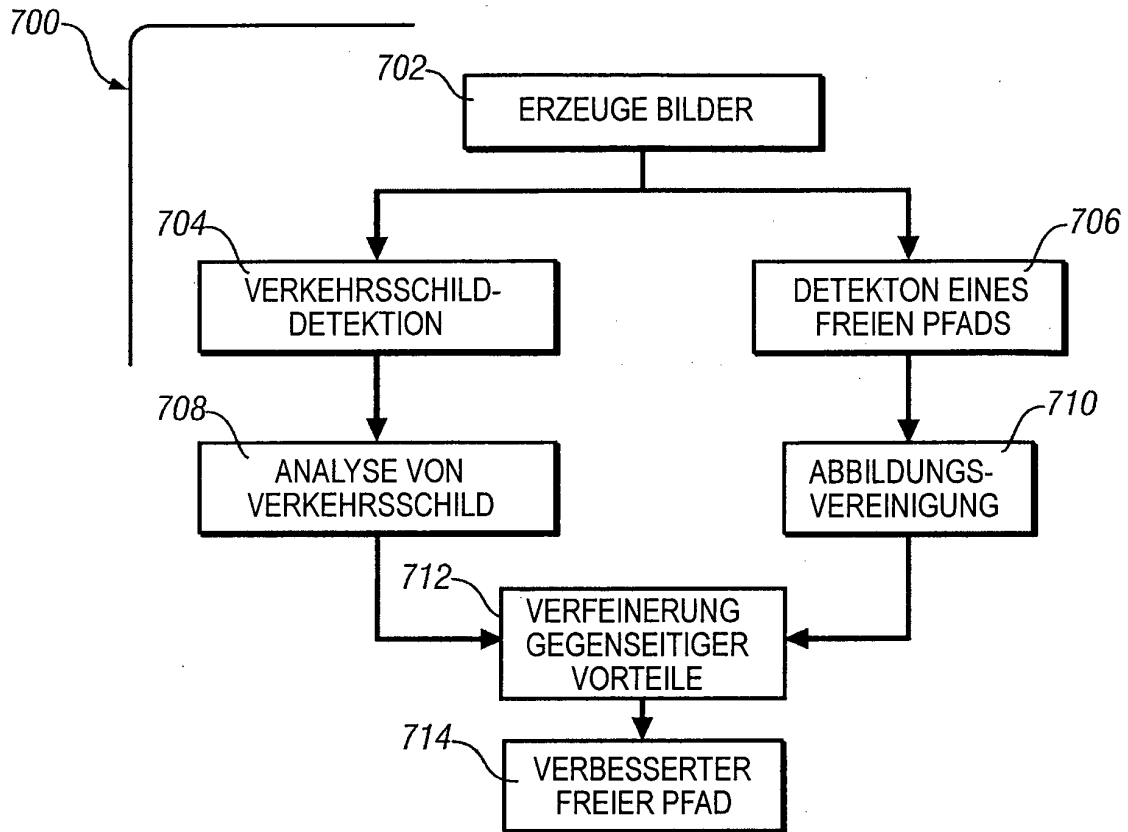


FIG. 20

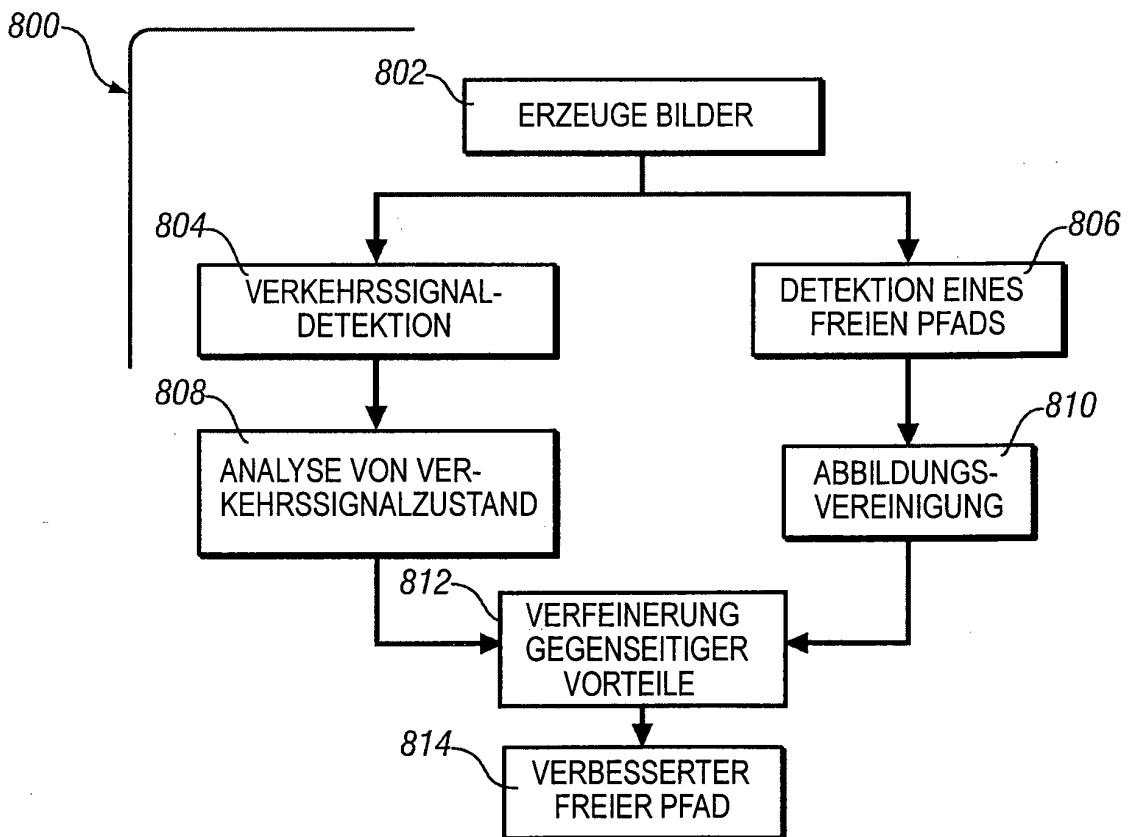
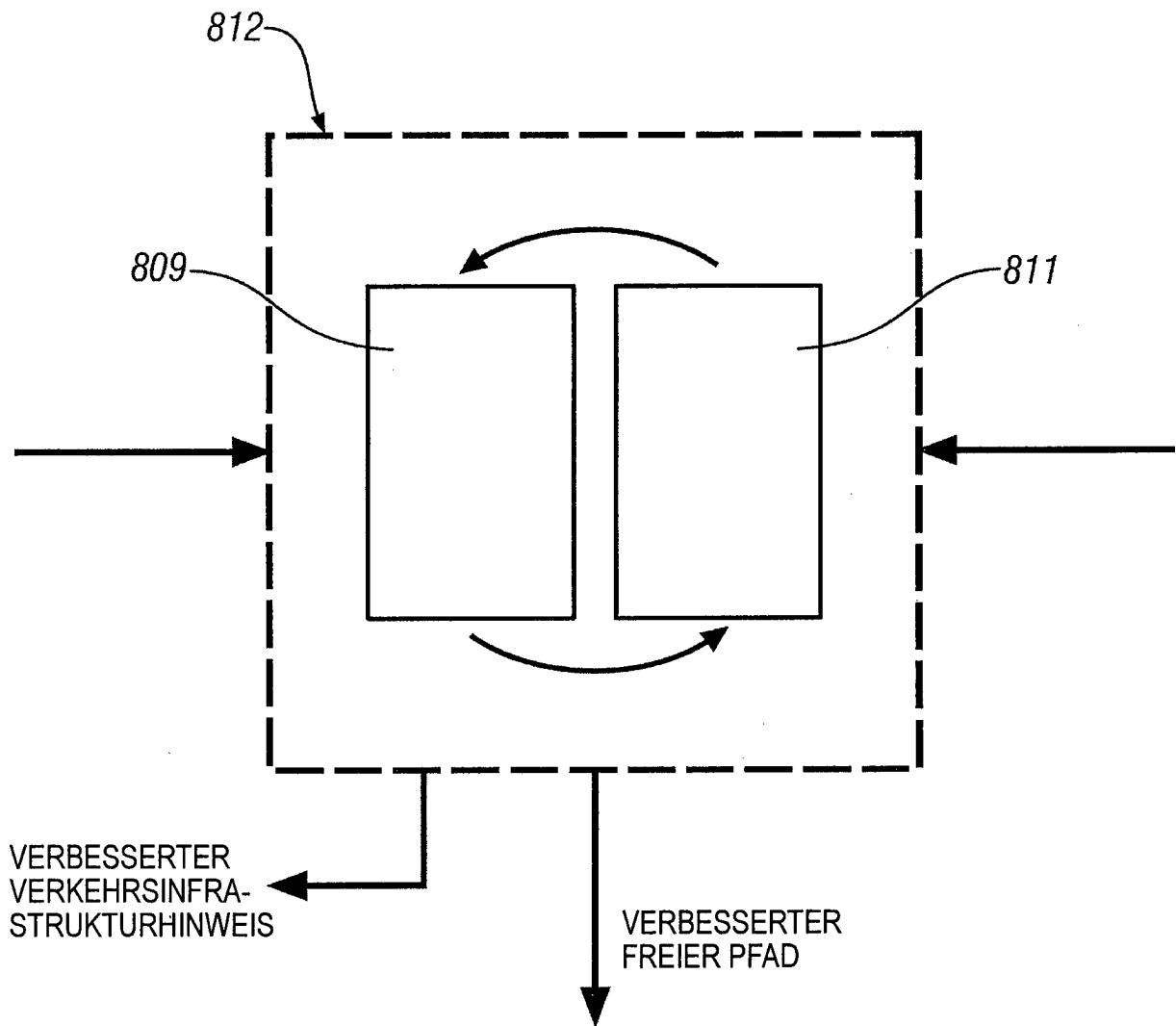


FIG. 21



*FIG. 22*