



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 062 275 A1** 2006.07.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 062 275.2**

(22) Anmeldetag: **23.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **13.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G03B 35/10** (2006.01)

B60R 1/10 (2006.01)

G03B 35/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

Aglaia GmbH, 13089 Berlin, DE

(74) Vertreter:

Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

(72) Erfinder:

Hoffmann, Ingo, 10437 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 102 29 336 A1

DE 101 54 861 A1

DE 100 63 756 A1

EP 06 26 654 A2

WO 2004/1 06 856 A1

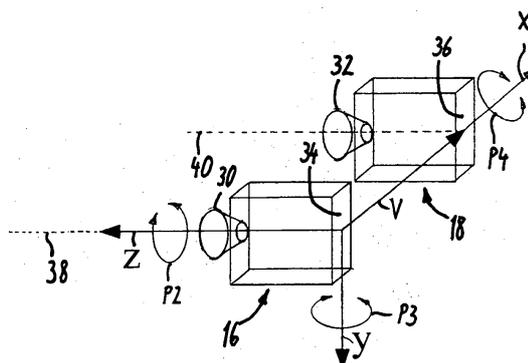
US 2005/0237385 A1 (nachveröffentlichtes
Familien-
mitglied zu **WO 2004/106856 A1**);

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters einer Stereokamera**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern, die mit Hilfe einer Kamera (16, 18) erfasst werden. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera (12). Zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts wird das Objekt in einem ersten mit Hilfe der Kamera (16, 18) erfassten Bild bestimmt. Ferner wird die Helligkeit eines bestimmten Objekts bestimmt. Jeweils nach einem voreingestellten Zeitintervall wird ein weiteres Bild mit Hilfe der Kamera (16, 18) erfasst. Das Objekt wird in jedem der weiteren Bilder bestimmt und jeweils die Helligkeit des bestimmten Objekts jedes Bildes ermittelt. Abhängig vom Verlauf der Helligkeit wird dem Objekt eine Objekteigenschaft zugewiesen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters einer Stereokamera. Mit Hilfe der Stereokamera werden jeweils mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander Objektabbildungen eines Objekts erfasst und jeweils die Entfernung zwischen Stereokamera und Objekt bestimmt.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern, die mit Hilfe einer Kamera erfasst worden sind sowie eine Computersoftware und einen Datenträger mit dieser Computersoftware.

Stand der Technik

[0003] Bekannte Stereokamerasysteme haben zwei Einzelbildkameras, die vorzugsweise jeweils einen CCD-Sensor und eine Objektivoptik mit einer festen Brennweite oder alternativ einen CMOS-Bildsensor und eine solche Objektivoptik umfassen. Die Einzelbildkameras nehmen vorzugsweise gleichzeitig je ein Bild auf. Diese Bilder werden vorzugsweise als Bildpaar bezeichnet. Mit Hilfe der aufgenommenen Bilder kann dann eine direkte Entfernungsmessung von in beiden Bildern sichtbaren Objekten durchgeführt werden. Zum Ermitteln der Entfernung ist es von entscheidender Bedeutung, neben den Kameraparametern auch die Ausrichtung der optischen Achsen der Einzelbildkameras zueinander genau zu kennen. Es kann beispielsweise ein stabiler Aufbau gewählt werden, durch den die beiden Kameras ihre Lage zueinander bei den vorgesehenen Betriebsbedingungen nur unwesentlich ändern. Dadurch wird für ein kalibriertes System eine Langzeitstabilität gewährleistet. Neben dem relativ aufwendigen Aufbau, der auch erheblichen Platz in Anspruch nimmt, kann bei der Entfernungsmessung infolge der trotz des stabilen Aufbaus möglichen Positionsänderungen der Kameras zueinander eine erhebliche Messungenauigkeit beim Messergebnis auftreten. Dadurch muss eine Reichweitenbeschränkung der Entfernungsmessung erfolgen, um Messergebnisse in einem sinnvollen Toleranzbereich zu erhalten. Nur durch einen stabilen Aufbau und der Beschränkung der Messgenauigkeit und der Reichweite können mit Hilfe eines solchen Stereokamerasystems über einen längeren Zeitraum Entfernungsmessungen sinnvoll durchgeführt werden, ohne dass zwischenzeitlich aufwendige Kalibrierarbeiten durchgeführt werden müssen.

[0004] Ist jedoch eine höhere Genauigkeit und/oder das Bestimmen größerer Entfernungen erforderlich, muss eine Neujustierung des Stereokamerasystems oder ein Nachkalibrieren erfolgen. Es ist möglich, eine höhere Messgenauigkeit durch eine perfekte mechanische Ausrichtung der optischen Achsen des

Kamerasystems zu erreichen oder die tatsächlichen Lagen der optischen Achsen beispielsweise durch das Bestimmen von Fehlerwinkeln zu ermitteln und diese tatsächlichen Lagen bei der Auswertung der erfassten Bilder als Kalibrierparameter zu berücksichtigen. Diese Lagen können insbesondere im Auswertalgorithmus zum Ermitteln der Entfernung eines Objekts berücksichtigt werden. Ein Kriterium für die Praxistauglichkeit eines Stereokamerasystems ist, dass keine Serviceeingriffe während des normalen Betriebs zur Justage und Kalibrierung erforderlich sind und Störungen möglichst automatisch erkannt und beseitigt werden.

[0005] Die Kalibrierung bekannter Stereokamerasysteme, die den beschriebenen stabilen mechanischen Aufbau haben, erfolgt mit Hilfe spezieller Bildvorlagen, von denen je eine Abbildung mit Hilfe der Einzelbildkameras erzeugt wird. Um eine hohe Messgenauigkeit des Stereokamerasystems bei der Entfernungsmessung zu gewährleisten, muss diese Kalibrierung in von den Umgebungsbedingungen abhängigen Zeitabständen wiederholt werden. Bei der Kalibrierung werden in den von den Einzelbildkameras des Stereokamerasystems erfassten Bildern markante korrespondierende zweidimensionale Objektabbildungen vermessen. Üblicherweise wird aus mindestens neun solchen korrespondierenden Objektabbildungen in einem zuverlässigen Verfahren eine so genannte Fundamentalmatrix bestimmt. Diese Fundamentalmatrix enthält sowohl eine Rotationsmatrix der beiden Kameras zueinander und ihren Entfernungsvektor. Jedoch ist bei diesem Verfahren die Positionsbestimmung der Bildinhalte mit Hilfe der Kameras nur mit einer von der Kameraauflösung abhängigen Genauigkeit möglich. Somit ist eine hochgenaue Kalibrierung des Kamerasystems mit Hilfe eines solchen bekannten Verfahrens nicht möglich.

[0006] Besteht ferner eine Relativbewegung zwischen dem Stereokamerasystem und einem beobachteten Objekt, kann ein weiteres bekanntes Verfahren zur Selbstkalibrierung des Stereokamerasystems eingesetzt werden. Mit Hilfe einer durch eine der Kameras des Stereokamerasystems erfassten Bildfolge kann das Verhältnis der über mehrere Bilder verfolgten Bewegungen des Objekts zu seiner Gesamtentfernung abgeleitet, d.h. berechnet, werden. Durch die Vermessung desselben Objekts in den Bildpaaren der beiden Kameras des Stereokamerasystems wird ein fehlerbehafteter Entfernungsverlauf ermittelt. Anschließend werden die beiden Messwerte verglichen, wodurch die Fehlerwinkel der Kalibrierung geschätzt werden können. Auch bei diesem bekannten Verfahren hängt die Genauigkeit, mit der die Fehlerwinkel bestimmt werden können, von der Genauigkeit der Positionsbestimmung der Objekte mit Hilfe der durch die Kameras erfassten Objektabbildungen ab.

[0007] Die möglichen Fehlerwinkel eines Stereokamerasystems mit zwei Einzelbildkameras werden in der nachfolgenden Figurenbeschreibung in Zusammenhang mit den Fig. 2 bis 5 noch näher erläutert. Zur Vereinfachung wird zur Beschreibung der Lage und Position der Einzelbildkameras in dieser Patentanmeldung ein Kamerakoordinatensystem gemäß Fig. 2 definiert, das eine beliebige Lage zu anderen Koordinatensystemen haben kann. Jedoch lässt sich jede Lage und jede Position jeder Einzelbildkamera auch in Bezug auf ein anderes Koordinatensystem, beispielsweise auf das Weltkoordinatensystem oder ein definiertes Bildkoordinatensystem, angeben. Eine Position im Kamerakoordinatensystem kann einfach in eine Position im Weltkoordinatensystem bzw. in eine Position im Bildkoordinatensystem umgerechnet werden, wenn die Lagen der beiden Koordinatensysteme zueinander bekannt sind.

[0008] In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen ist der Koordinatenursprung des Kamerakoordinatensystems im Schnittpunkt der optischen Achse der ersten Einzelbildkamera mit der Bildebene dieser ersten Einzelbildkamera definiert. Die optische Achse der ersten Einzelbildkamera wird als Z-Achse des Kamerakoordinatensystems definiert. Der Vektor vom Koordinatenursprung zum Schnittpunkt der optischen Achse der zweiten Einzelbildkamera mit der Bildebene dieser zweiten Einzelbildkamera und die Z-Achse spannen eine Ebene auf, in der die orthogonal zur Z-Achse angeordnete X-Achse verläuft. Die Y-Achse verläuft orthogonal zur Z-Achse und orthogonal zur X-Achse. Der Abstandsvektor zwischen den Schnittpunkten der optischen Achsen der jeweiligen Kamera mit deren Bildebenen wird als Basisbreite bezeichnet, wobei die Einzelbildkameras um einen Wert $V=(\text{Basisbreite}, 0, 0)$ versetzt angeordnet sind, wenn die Schnittpunkte der optischen Achsen beider Kameras mit deren Bildebenen auf der X-Achse liegen.

[0009] Ein solches Kamerakoordinatensystem hat den Vorteil, dass unabhängig von der Lage der Einzelbildkameras zur Umgebung der Versatz der beiden Einzelbildkameras um die Basisbreite immer etwa in Richtung der X-Achse vorhanden ist. Werden die Einzelbildkameras im Weltkoordinatensystem direkt übereinander angeordnet, verläuft die X-Achse des Kamerakoordinatensystem dann im Weltkoordinatensystem im Wesentlichen senkrecht und die Y-Achse und die Z-Achse des Kamerakoordinatensystems verlaufen im Weltkoordinatensystem Wesentlichen waagrecht. Bei einer exakt horizontalen Ausrichtung der X-Achse des Kamerakoordinatensystems im Weltkoordinatensystem verlaufen die Y-Achse des Kamerakoordinatensystems vertikal und die Z-Achse ebenfalls horizontal. Ein solches Kamerakoordinatensystem hat insbesondere bei Installation des Stereokamerasystems in einem sich im Raum des Weltkoordinatensystems bewegten Fahr-

zeug den Vorteil, dass die Lagen der Koordinatensysteme zueinander nicht laufend bestimmt und bei der Auswertung und Analyse der erfassten Bilder, beispielsweise zur Bestimmung der Entfernung eines erfassten Objekts, nicht unmittelbar berücksichtigt werden müssen.

[0010] Gemäß der Definition von Winkeln in dieser Patentanmeldung wird der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die X-Achse gedreht ist, wird als Nickwinkel bezeichnet. Der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die Z-Achse gedreht ist, wird als Wankwinkel oder Rollwinkel bezeichnet. Der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die Y-Achse gedreht ist, wird als Gierwinkel bezeichnet.

[0011] Die Begriffe Wankwinkel, Nickwinkel und Gierwinkel stimmen im Wesentlichen mit den ebenso benannten Winkeln bei der Ausrichtung eines Flugzeugs überein.

[0012] Der Nickwinkel und der Wankwinkel lassen sich durch eine Analyse eines Bildpaars bestimmen. Dabei werden mindestens zwei Bildkorrespondenzen, d.h. zwei markante Übereinstimmungen, in den mit Hilfe der beiden Kameras gleichzeitig aufgenommenen Bildern ermittelt. Anhand der Lage dieser Bildkorrespondenzen in den mit Hilfe der Kameras aufgenommenen Bildern werden die Abweichungen von einem voreingestellten Nickwinkel und einem voreingestellten Wankwinkel ermittelt, wobei die voreingestellten Winkelwerte zur Bildkorrektur und/oder zur Bildanalyse mit Hilfe der ermittelten Abweichung korrigiert werden. Die Abweichungen geben somit den Nickwinkelfehler und den Wankwinkelfehler an. Derzeit ist jedoch kein Verfahren und keine Vorrichtung bekannt, mit dem bzw. mit der ein Kalibrierparameter einer Stereokamera zur Entfernungsmessung, insbesondere ein Gierwinkelfehler oder ein Gierwinkel, auf einfache Art und Weise bestimmt werden kann.

Aufgabenstellung

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, bei der ein Kalibrierparameter für eine Stereokamera auf einfache Art und Weise sicher bestimmt werden kann. Ferner ist ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, durch die mindestens eine Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern auf einfache Art und Weise bestimmt werden kann.

[0014] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist zur Lösung dieser Aufgabe ein mit Hilfe des Patentspruch 1 angegebenes Verfahren zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von durch eine Kamera erfassten Bildern angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0015] Durch ein solches erfindungsgemäßes Verfahren zum Bestimmen einer Objekteigenschaft wird der Verlauf der Helligkeit einer mit Hilfe der Kamera erfassten Objektabbildung analysiert. Vorzugsweise wird mindestens eine Eigenschaft des Helligkeitsverlaufs analysiert und Ausgewertet.

[0016] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann beispielsweise ermittelt werden, ob das Objekt eine mit einer Wechsellspannung betriebene Lichtquelle ist, die dann als ortsfest angenommen werden kann. Dadurch kann die tatsächliche Relativgeschwindigkeit zwischen der Stereokamera und dem Objekt durch Ermitteln der absoluten Geschwindigkeit der Stereokamera, beispielsweise im Weltkoordinatensystem, ermittelt werden.

[0017] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern, die mit Hilfe einer Kamera erfasst worden sind. Die Vorrichtung umfasst eine Kamera, die zumindest in einem voreingestellten Zeitintervall Bilder von mindestens einem Objekt erfasst. Ferner umfasst die Vorrichtung ein Mittel, das mindestens ein Objekt in einem ersten mit Hilfe der Kamera erfassten Bild bestimmt und das die Helligkeit des bestimmten Objekts ermittelt. Ferner bestimmt das Mittel das Objekt in jedem der weiteren mit Hilfe der Kamera im voreingestellten Zeitintervall erfassten Bilder und ermittelt jeweils die Helligkeit des bestimmten Objekts. Ferner weist das Mittel dem Objekt abhängig vom Verlauf der Helligkeit eine Objekteigenschaft zu.

[0018] Diese erfindungsgemäße Vorrichtung ermittelt auf einfache Art und Weise mindestens eine Objekteigenschaft des Objekts. Diese Objekteigenschaft kann dann einfach für die Weiterverarbeitung der mit Hilfe der Kamera aufgenommenen Bilddaten genutzt werden. Beispielsweise kann die Objekteigenschaft zum Durchführen eines Kalibriervorgangs eines Stereokamerasystems genutzt werden, zu dem die Kamera der Vorrichtung gehört.

[0019] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem die Relativbewegung der Stereokamera und eines weiteren Objekts zueinander analysiert wird. Mit Hilfe von mit der Stereokamera mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander erfassten Objektabbildungen des Objekts wird jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt bestimmt. Mit Hilfe der bestimmten Entfernungen wird eine scheinbare Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera und dem Objekt bestimmt. Die tatsächliche Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera und dem Objekt wird mit Hilfe eines von dem Entfernungsmesssystems der Stereokamera unabhängigen Systems ermittelt. Beispielsweise wird die tat-

sächliche Entfernungsänderung von diesem unabhängigen System als Information bereitgestellt. Abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernungsänderung und der tatsächlichen Entfernungsänderung wird mindestens ein Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zu dem Objekt und/oder zu weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera erfassten Objektabbildungen ermittelt.

[0020] Mit Hilfe eines solchen erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Kalibrierparameter für eine korrekte Entfernungsmessung auf sehr einfache Art und Weise bestimmt werden, wodurch die Stereokamera bei bekannten Nick- und Wankwinkeln automatisch sehr genau kalibriert werden kann. Dadurch kann auch eine on-the-fly-Kalibrierung des Stereokamerasystems beispielsweise während der Fahrt eines Fahrzeugs, in dem das Stereokamerasystem integriert ist, erfolgen.

[0021] Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem eine Relativbewegung der Stereokamera zu einem weiteren Objekt analysiert wird. Mit Hilfe von durch die Stereokamera mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander erfassten Objektabbildungen des Objekts wird jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt bestimmt. Mit Hilfe der bestimmten Entfernungen wird eine scheinbare Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera und dem Objekt bestimmt. Die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera und dem Objekt wird mit Hilfe eines von dem Entfernungsmesssystems der Stereokamera unabhängigen Systems ermittelt. Abhängig von der Abweichung der scheinbaren Geschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit wird mindestens ein Kalibrierparameter für das Bestimmen weiterer Entfernungen zwischen der Stereokamera und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera erfassten Objektabbildungen ermittelt.

[0022] Durch ein solches erfindungsgemäßes Verfahren kann ein Kalibrierparameter für eine korrekte und genaue Entfernungsmessung auf sehr einfache Art und Weise bestimmt werden. Die mit Hilfe der Stereokamera erfassten Objektabbildungen können so abhängig vom ermittelten Kalibrierparameter analysiert und ausgewertet werden. Bei bekannten Nick- und Wankwinkeln kann durch das Ermitteln des Kalibrierparameters ein Stereokamerasystem automatisch sehr genau kalibriert werden.

[0023] Ein fünfter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine Steuereinheit die Relativbewegung der Stereokamera und eines weite-

ren Objekts analysiert. Die Stereokamera erfasst mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander Objektabbildungen des Objekts. Die Steuereinheit bestimmt mit Hilfe der erfassten Objektabbildungen jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt. Mit Hilfe der bestimmten Entfernungen bestimmt die Steuereinheit eine scheinbare Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera und dem Objekt. Die Steuereinheit ermittelt mit Hilfe eines von dem Entfernungsmesssystems der Stereokamera unabhängigen Systems die tatsächliche Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera und dem Objekt. Abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernungsänderung und der tatsächlichen Entfernungsänderung ermittelt die Steuereinheit mindestens einen Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera erfassten Objektabbildungen.

[0024] Durch eine solche erfindungsgemäße Vorrichtung kann auf einfache Art und Weise ein Kalibrierparameter ermittelt werden, mit dem dann korrekte Entfernungen von Objekten zur Stereokamera ermittelt werden können. Durch das Ermitteln des Kalibrierparameters kann ein Stereokamerasystem mit der Stereokamera auf einfache Art und Weise automatisch sehr genau kalibriert werden. Vorzugsweise werden der Nickwinkel und der Wankwinkel der Einzelbildkameras der Stereokamera vor dem Ermitteln des Kalibrierparameters bestimmt.

[0025] Ein sechster Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine Steuereinheit eine Relativbewegung der Stereokamera zu einem weiteren Objekt analysiert. Die Stereokamera erfasst mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander Objektabbildungen des Objekts. Die Steuereinheit bestimmt mit Hilfe der erfassten Objektabbildung jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt. Mit Hilfe der bestimmten Entfernungen bestimmt die Steuereinheit eine scheinbare Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera und dem Objekt. Die Steuereinheit bestimmt die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera und dem Objekt mit Hilfe eines von dem Entfernungsmesssystems der Stereokamera unabhängigen Systems. Abhängig von der Abweichung der scheinbaren Geschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit ermittelt die Steuereinheit mindestens einen Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera **12** und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera **12** und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera erfassten Objektabbildungen.

[0026] Durch eine solche erfindungsgemäße Vorrichtung kann der Kalibrierparameter auf sehr einfache Art und Weise ermittelt werden, durch den dann Entfernungen zwischen der Stereokamera und Objekten genau bestimmt werden können. Insbesondere bei bekannten Nick- und Wankwinkeln der Einzelbildkameras der Stereokamera zueinander kann das gesamte Stereokamerasystem automatisch sehr genau kalibriert werden.

[0027] Ein siebter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem die tatsächliche Position eines Objekts zu einem Zeitpunkt bestimmt wird. Die scheinbare Entfernung zwischen Stereokamera und Objekt wird zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von durch die Stereokamera zu diesem Zeitpunkt erfassten Objektabbildungen des Objekts bestimmt. Die tatsächliche Position der Stereokamera zu diesem Zeitpunkt wird bestimmt. Ferner wird die tatsächliche Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe der bestimmten tatsächlichen Position bestimmt. Mindestens ein Kalibrierparameter wird abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernung von der tatsächlichen Entfernung ermittelt, wobei der Kalibrierparameter zum Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera erfassten Objektabbildungen dient.

[0028] Mit Hilfe eines solchen erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Kalibrierparameter zum korrekten Ermitteln von Entfernungen auf einfache Art und Weise automatisch ermittelt werden, wodurch eine so genannte on-the-fly-Kalibrierung möglich ist.

[0029] Ein achter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine erste Auswertereinheit die tatsächliche Position eines Objekts zu einem Zeitpunkt bestimmt. Eine zweite Auswertereinheit bestimmt die scheinbare Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von durch die Stereokamera zu diesem Zeitpunkt erfassten Objektabbildungen des Objekts. Die zweite Auswertereinheit ermittelt die tatsächliche Position der Stereokamera zu diesem Zeitpunkt. Die zweite Auswertereinheit bestimmt die tatsächliche Entfernung zwischen der Stereokamera und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe der bestimmten tatsächlichen Positionen. Ferner ermittelt die zweite Auswertereinheit mindestens einen Kalibrierparameter abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernung von der tatsächlichen Entfernung. Der Kalibrierparameter dient zum Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera und weiteren Objekten mit Hilfe von durch

die Stereokamera erfassten Objektabbildungen.

[0030] Durch eine solche erfindungsgemäße Vorrichtung kann ein Kalibrierparameter zum Kalibrieren eines Stereokamerasystems auf einfache Art und Weise ermittelt werden, wodurch ein so kalibriertes Kamerasystem die Entfernung zwischen der Stereokamera und einem Objekt exakt bestimmen kann. Eine solche Vorrichtung ist insbesondere dazu geeignet, die Stereokamera on-the-fly zu kalibrieren.

[0031] Weitere Aspekte der Erfindung betreffen ein Computerprogramm zum Steuern der jeweiligen Verfahrensabläufe des ersten, zweiten, dritten und/oder des siebten Aspekts der Erfindung sowie ein entsprechender Datenträger zum Speichern des Quellcodes und/oder des kompilierten Quellcodes des Computerprogramms.

[0032] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden auf die in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiele Bezug genommen, die an Hand spezifischer Terminologie beschrieben sind. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Schutzbereich der Erfindung dadurch nicht eingeschränkt werden soll, da derartige Veränderungen und weitere Modifizierungen an den gezeigten Vorrichtungen und den Verfahren sowie derartige weitere Anwendungen der Erfindung, wie sie darin aufgezeigt sind, als übliches derzeitiges oder künftiges Fachwissen eines zuständigen Fachmanns angesehen werden. Die Figuren zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung, nämlich:

[0033] [Fig. 1](#) einen Personenkraftwagen mit einem erfindungsgemäßen Stereokamerasystem;

[0034] [Fig. 2](#) eine schematische dreidimensionale Darstellung der Einzelbildkameras des erfindungsgemäßen Stereokamerasystems,

[0035] [Fig. 3](#) eine Vorderansicht Einzelbildkameras nach [Fig. 2](#), bei der die Einzelbildkameras eine Wankwinkeldifferenz α zueinander haben;

[0036] [Fig. 4](#) eine Seitenansicht der Einzelbildkameras nach [Fig. 2](#), bei der die Einzelbildkameras eine Nickwinkeldifferenz β haben;

[0037] [Fig. 5](#) eine Draufsicht der Einzelbildkameras nach [Fig. 2](#), bei der die Einzelbildkameras eine Gierwinkeldifferenz γ haben;

[0038] [Fig. 6](#) eine mit Hilfe des Stereokamerasystems nach [Fig. 1](#) ermittelte Annäherung eines Objekts an das Stereokamerasystem, mit Hilfe der Entfernungen zwischen Stereokamerasystem und dem Objekt zu den Zeitpunkten T0 bis T10 angegeben ist, wobei der tatsächliche Gierwinkel γ kleiner ist als der voreingestellte Gierwinkel;

[0039] [Fig. 7](#) die Annäherung des Objekts an das Stereokamerasystem zu den Zeitpunkten T0 bis T10, wobei im Unterschied zu [Fig. 6](#) der tatsächliche Gierwinkel mit dem voreingestellten Gierwinkel übereinstimmt;

[0040] [Fig. 8](#) die Annäherung des Objekts an das Stereokamerasystem zu den Zeitpunkten T0 bis T10, wobei der voreingestellte Gierwinkel γ größer als der tatsächliche Gierwinkel ist;

[0041] [Fig. 9](#) ein Diagramm mit dem Verhältnis von scheinbarer Entfernung und scheinbarer Annäherungsgeschwindigkeit der ermittelten Annäherung des Objekts zu den Zeitpunkten T0 bis T10 nach den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#);

[0042] [Fig. 10](#) ein Ablaufplan zum Ermitteln von Korrekturwerten für Nickwinkel und Wankwinkel;

[0043] [Fig. 11](#) ein Ablaufplan zum Bestimmen des tatsächlichen Gierwinkels γ des Stereokamerasystems gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0044] [Fig. 12](#) ein Ablaufplan zum Ermitteln des tatsächlichen Gierwinkels γ gemäß einer zweiten Ausführungsform;

[0045] [Fig. 13](#) ein Diagramm mit Graphen, die die Überlagerung der Helligkeitsschwankungen eines mit einer 50 Hz Wechselspannung betriebenen Leuchtmittels mit einer Abtastfrequenz von 22 Hz zeigen, wobei eine 100 Hz Helligkeitsschwankung des Leuchtmittels und der durch die Abtastung erzeugte Helligkeitsverlauf dargestellt sind;

[0046] [Fig. 14](#) ein Diagramm mit dem durch die Abtastung nach [Fig. 13](#) erzeugten Helligkeitsverlauf;

[0047] [Fig. 15](#) ein Diagramm eines durch eine Abtastung des Helligkeitsverlaufs des Leuchtmittels mit einer ungünstigen Abtastfrequenz resultierenden Helligkeitsverlaufs des abgetasteten Signals;

[0048] [Fig. 16](#) ein Diagramm mit Graphen, die die Überlagerung des Helligkeitsverlaufs eines mit 60 Hz betriebenen Leuchtmittels mit einer Abtastfrequenz von 22 Hz zeigen, wobei der durch die Abtastung erzeugte Helligkeitsverlauf des abgetasteten Signals dargestellt ist;

[0049] [Fig. 17](#) ein Diagramm, in dem der abgetastete Helligkeitsverlauf nach [Fig. 16](#) separat dargestellt ist, und

[0050] [Fig. 18](#) ein Diagramm mit einem Helligkeitsverlauf, der durch die Abtastung der Helligkeitsschwankungen des mit 60 Hz Wechselspannung betriebenen Leuchtmittels mit einer anderen ungünstigeren Abtastfrequenz.

Ausführungsbeispiel

[0051] In [Fig. 1](#) ist ein Personenkraftwagen **10** dargestellt, in dem ein Stereokamerasystem mit einer Stereokamera **12** und einer Steuer- und Auswerteeinheit **14** vorgesehen ist. Die Stereokamera **12** umfasst zwei Einzelbildkameras **16, 18**, die in einem Abstand im Wesentlichen quer zur Fahrtrichtung P1 nebeneinander angeordnet sind. Die optischen Achsen der Kameras **16, 18** sind derart ausgerichtet, dass mit Hilfe der Kameras **16, 18** ein Bereich vor dem Personenkraftwagen **10** erfasst wird. Die optischen Achsen der Kameras **16, 18** haben vorzugsweise einen Gierwinkel zueinander.

[0052] Bei anderen Ausführungsformen können die beiden optischen Achsen der Kameras **16, 18** auch exakt parallel ausgerichtet sein. Die Kameras **16, 18** nehmen jeweils gleichzeitig ein Einzelbild von etwa der gleichen Umgebung vor dem Personenkraftwagen **10** auf, wobei die Kameras **16, 18** vorzugsweise einen optisch-elektrischen Wandler, insbesondere ein CCD oder ein CMOS-Bildsensor, und eine Objektivoptik mit einer festen Brennweite haben. Das Stereokamerasystem **12** ist im Bereich des inneren Rückspiegels des Personenkraftwagens **10** angeordnet, wobei die Kameras **16, 18** freie Sicht durch die Frontscheibe des Personenkraftwagens **10** hindurch haben, um den abzubildenden Umgebungsbereich vor dem Personenkraftwagen **10** erfassen zu können.

[0053] Die Stereokamera **12** ist vorzugsweise über einen ersten Datenbus **20** mit der Steuer- und Auswerteeinheit **14** verbunden. Bilddaten der mit Hilfe der Kameras **16, 18** aufgenommenen Bilder werden über den Datenbus **20** zur Steuereinheit **14** übertragen und von dieser ausgewertet. Dieser Datenbus **20** ist vorzugsweise ein Fire-Wire-Datenbus nach IEEE-Norm oder ein LAN. Es ist ein zweiter Datenbus **21** vorgesehen, der vorzugsweise ein fahrzeuginterner Datenbus ist und der mit weiteren Steuereinheiten und Sensoren des Personenkraftwagens **10** verbunden ist. Dieser Datenbus **21** ist beispielsweise ein CAN-Bus. Der Personenkraftwagen **10** hat ferner eine Empfangs- und Auswerteeinheit **22** für ein Navigationssystem, vorzugsweise ein satellitengestütztes Navigationssystem. Ein solches satellitengestütztes Navigationssystem ist beispielsweise das GPS (Global Positioning System).

[0054] Der Personenkraftwagen **10** hat ferner eine Sende- und Empfangseinheit **24** für ein drahtloses Kommunikationsnetz, vorzugsweise für ein drahtloses Netz zum Übertragen von Daten. Ein solches Kommunikationsnetz kann beispielsweise ein GSM-Netz (Global Standard For Mobile Communication), ein Adhoc-Wireless-LAN, Bluetooth- oder anderes Kommunikationsnetz sein. Über dieses Kommunikationsnetz kann über die Sende- und Emp-

fangseinheit **24** die eigene Position des Personenkraftwagens **10** und Geschwindigkeit zu anderen Fahrzeugen, insbesondere zu anderen Personenkraftwagen, übertragen werden und die Position und/oder Geschwindigkeit eines anderen Fahrzeugs, vorzugsweise eines Fahrzeugs, das sich im Erfassungsbereich der Einzelbildkameras **16** und **18** befindet, empfangen werden. Insbesondere enthalten die übertragenen Informationen, d.h. die gesendeten und die empfangenen Informationen, einen Zeitstempel, vorzugsweise mit der Zeit einer Atomuhr. Die Zeit zum Erzeugen des Zeitstempels wird vorzugsweise mit Hilfe der im Personenkraftwagen **10** vorgesehenen Sende- und Empfangseinheit **22** des satellitengestützten Navigationssystems und einer im anderen über das drahtlose Kommunikationsnetz mit dem Personenkraftwagen **10** kommunizierende Fahrzeug vorgesehenen Sende- und Empfangseinheit **22** des satellitengestützten Navigationssystems ermittelt.

[0055] Die Empfangs- und Auswerteeinheit **22** des satellitengestützten Navigationssystems und die Sende- und Empfangseinheit **24** sind über den internen Datenbus **21** ebenfalls mit der Steuer- und Auswerteeinheit **14** des Stereokamerasystems verbunden. Somit kann über das Kommunikationsnetz beispielsweise die Position eines entgegenkommenden Fahrzeugs exakt ermittelt werden. Aufgrund der Kenntnis der eigenen Position im Raum kann somit überprüft werden, ob eine mit Hilfe des Stereokamerasystems durchgeführte Entfernungsmessung zu der gleichen Entfernung zwischen den Positionen des Personenkraftwagens **10** und dem entgegenkommenden Fahrzeug führt. Bei Abweichungen kann ein Kalibrierparameter, beispielsweise ein Korrekturwert, ermittelt werden. Insbesondere kann durch dieses Verfahren der Gierwinkel ermittelt und gegebenenfalls korrigiert werden, der für die Entfernungsmessung von entscheidender Bedeutung ist.

[0056] Wie nachfolgend im Zusammenhang mit [Fig. 10](#) erläutert wird, sind insbesondere der Wankwinkel und der Nickwinkel der jeweiligen Einzelbildkamera **16, 18** mit Hilfe von mehreren mit Hilfe der Einzelbildkameras **16, 18** aufgenommenen Einzelbildern ermittelbar. Auch können ortsfeste Objekte, wie z.B. Ampelanlagen, Verkehrsschilder oder Gebäude ihre Position über das Kommunikationsnetz zur Sende- und Empfangseinheit **24** des Personenkraftwagens **10** übertragen. Dann kann beispielsweise der Gierwinkel zwischen den optischen Achsen der Einzelbildkameras **16, 18** mit Hilfe einer Objektverfolgung des ortsfesten Objekts über mindestens zwei Bilder, die in einem voreingestellten Zeitabstand mit Hilfe der Einzelbildkameras **16, 18** jeweils gleichzeitig erfasst worden sind, ermittelt und somit ein voreingestellter Gierwinkel überprüft werden.

[0057] Alternativ kann ein mit Hilfe der Kameras **16, 18** erfasstes Objekt über mehrere Bilder durch ein

Tracking-Verfahren verfolgt werden. Auch können Helligkeitsschwankungen des Objekts mit Hilfe mindestens einer Kamera **16**, **18** mit einer voreingestellten Bildfrequenz erfasst werden, wobei durch die Abtastung mit Hilfe der Bild- bzw. Abtastfrequenz ein Signal des abgetasteten Helligkeitsverlaufs erzeugt wird, wie nachfolgend im Zusammenhang mit den [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) noch näher erläutert wird. Dadurch kann beispielsweise ermittelt werden, ob das Objekt eine Lichtquelle ist, die mit einer Wechselspannung betrieben wird, die eine Frequenz eines üblichen Energieversorgungsnetzes hat.

[0058] Aufgrund dieser Objekteigenschaft kann mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass es sich bei dieser Lichtquelle um ein ortsfestes Objekt handelt. Dadurch kann die Position des Objekts als feststehend angenommen werden. Die Position des Objekts bzw. die Entfernung des Objekts zum Personenkraftwagen **10** kann mehrmals erfasst werden, wobei die Relativgeschwindigkeit des Personenkraftwagens **10** zum ortsfesten Objekt mit Hilfe des satellitengestützten Navigationssystems oder hilfsweise mit einer anderen Geschwindigkeitsmess-einrichtung erfasst werden kann.

[0059] Bei einer anderen Alternative kann auch das ortsfeste Objekt eine Messeinrichtung umfassen, die die Position des Personenkraftwagens **10** und dessen Relativgeschwindigkeit zum Objekt umfasst. Ein solches Meßsystem kann beispielsweise ein Radar- oder Sonarsystem sein. Die Messdaten können dann über das Kommunikationsnetz zur Sende- und Empfangseinheit **24** des Personenkraftwagens **10** übertragen werden. Mit Hilfe dieser Informationen kann ebenfalls der Gierwinkel der Stereokamera **12** ermittelt werden, indem die Entfernung der Stereokamera **12** zu diesem Objekt mehrfach bestimmt wird.

[0060] Die Anordnung der Stereokamera **12**, der Steuer- und Auswerteeinheit **14** sowie der Sende- und Empfangseinheit **24** für das Kommunikationsnetz sowie die Empfangseinheit **22** für das satellitengestützte Navigationssystem sind in [Fig. 1](#) rein schematisch und beispielhaft dargestellt. Selbstverständlich können diese auch an anderen geeigneten Orten im Personenkraftwagen **10** angeordnet sein. Beispielsweise kann die Stereokamera **12** auch im Frontbereich **26** beispielsweise in der Mitte zwischen den Scheinwerfern des Personenkraftwagens **10**, angeordnet sein. Auch kann zusätzlich oder alternativ eine weitere Stereokamera **28** im Heckbereich des Personenkraftwagens **10** vorgesehen sein, die ebenfalls mit der Steuer- und Auswerteeinheit **14** des Stereokamerasystems verbunden ist. Die Stereokamera **28** ist im Inneren des Personenkraftwagens **10** hinter dessen Heckscheibe angeordnet. Die beiden Einzelbildkameras der Stereokamera **28** erfassen einen Bereich hinter dem Personenkraftwagen **10** und können die Entfernung zu Objekten hinter dem Perso-

nenkraftwagen **10** bestimmen. Insbesondere kann mit Hilfe der Stereokamera **28** auch eine Objektverfolgung von sich relativ zum Personenkraftwagen **10** bewegenden Objekten, vorzugsweise eine Annäherung eines Fahrzeugs an den Personenkraftwagen **10**, erfasst werden. Die Hauptfahrtrichtung des Personenkraftwagens **10** ist mit einem mit P1 bezeichneten Pfeil angegeben.

[0061] In [Fig. 2](#) sind die Einzelbildkameras **16**, **18** der Stereokamera **12** schematisch in einer dreidimensionalen Darstellung gezeigt. Gleiche Elemente haben gleiche Bezugszeichen. Bei dieser schematischen Darstellung sind auch die nicht sichtbaren Linien als Volllinien dargestellt. Die Objektivoptik der Kamera **16** ist mit dem Bezugszeichen **30** und die Objektivoptik der Kamera **18** mit dem Bezugszeichen **32** bezeichnet. Die optische Achse der Kamera **16** ist mit **38** und die optische Achse der Kamera **18** mit **40** bezeichnet. Die Kamera **16** wird auch als erste Einzelbildkamera und die Kamera **18** auch als zweite Einzelbildkamera bezeichnet.

[0062] Zur Vereinfachung ist zur Beschreibung der Lage und Position der Einzelbildkameras **16**, **18**, insbesondere der optischen Achsen der Einzelbildkameras **16**, **18** zueinander, auf ein rechtwinkliges Kamerakoordinatensystem bezogen, dessen Achsen in [Fig. 2](#) mit X, Y und Z bezeichnet sind. Das Kamerakoordinatensystem kann eine beliebige Lage zu anderen Koordinatensystemen haben. Jedoch lässt sich jede Lage und jede Position jeder Einzelbildkamera **16**, **18** auch in Bezug auf ein anderes Koordinatensystem, beispielsweise auf das Weltkoordinatensystem oder ein definiertes Bildkoordinatensystem, angeben. Eine Position im Kamerakoordinatensystem kann einfach in eine Position im Weltkoordinatensystem bzw. in eine Position im Bildkoordinatensystem umgerechnet werden, wenn die Lagen der beiden Koordinatensysteme zueinander bekannt sind. Ein solches Kamerakoordinatensystem wird auch zum Auswerten der mit Hilfe der Stereokamera **12** erfassten Bilder von der Steuer- und Auswerteeinheit **14** genutzt.

[0063] Der Koordinatenursprung des Kamerakoordinatensystems ist im Schnittpunkt der optischen Achse **38** der ersten Einzelbildkamera **16** mit der Bildebene **34** dieser ersten Einzelbildkamera **16** definiert. Die optische Achse **38** der ersten Einzelbildkamera **16** wird als Z-Achse des Kamerakoordinatensystems definiert. Der Vektor vom Koordinatenursprung zum Schnittpunkt der optischen Achse **40** der zweiten Einzelbildkamera **18** und die Z-Achse spannen eine Ebene auf, in der die orthogonal zur Z-Achse verlaufende X-Achse angeordnet wird. Die Y-Achse verläuft orthogonal zur X-Achse und orthogonal zur Z-Achse.

[0064] Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 2](#) liegt

auch der Schnittpunkt der optischen Achse der zweiten Einzelbildkamera **18** mit deren Bildebene auf der X-Achse des Kamerakoordinatensystems. Der Abstand zwischen den Schnittpunkten der optischen Achsen **38**, **40** der jeweiligen Kamera **16**, **18** mit deren Bildebenen **34**, **36** wird als Basisbreite bezeichnet, wobei die Einzelbildkameras **16**, **18** um einen Wert $V=(\text{Basisbreite}, 0, 0)$ versetzt angeordnet sind, wenn diese Schnittpunkte wie im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 2](#) auf der X-Achse liegen.

[0065] Durch die Übereinstimmung der optischen Achse **38** der ersten Einzelbildkamera **16** mit der Z-Achse wird die Bestimmung der relativen Lagen der optischen Achsen **38**, **40** der Einzelbildkameras zueinander stark vereinfacht. Ferner wird durch dieses Kamerakoordinatensystem eine Abhängigkeit zu anderen Koordinatensystemen vermieden. Werden die Einzelbildkameras **16**, **18** im Weltkoordinatensystem direkt nebeneinander in einer horizontalen Ebene angeordnet, verlaufen die X-Achse und die Z-Achse des Kamerakoordinatensystems im Weltkoordinatensystem im Wesentlichen waagrecht und die Y-Achse im Wesentlichen senkrecht. Ein solches Kamerakoordinatensystem hat insbesondere bei Installation des Stereokamerasystems in einem sich im dreidimensionalen Raum des Weltkoordinatensystems bewegten Fahrzeug **10** den Vorteil, dass die Lagen der Koordinatensysteme zueinander nicht laufend bestimmt und bei der Auswertung und Analyse der erfassten Bilder, beispielsweise zur Bestimmung der Entfernung eines erfassten Objekts, nicht unmittelbar berücksichtigt werden müssen.

[0066] Die zum Erfassen von Objekten entscheidenden Winkel sind wie folgt definiert:

- Der Wankwinkel ist der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die Z-Achse gedreht ist. Eine solche Drehung ist in [Fig. 2](#) durch den Pfeil P2 angedeutet. Durch die Definition des Kamerakoordinatensystems hat die erste Einzelbildkamera **16** einen Wankwinkel von 0° . Eine von 0° abweichende Winkelposition der zweiten Einzelbildkamera **18** ist der Wankwinkelfehler oder der Wankwinkel der Stereokamera **12**.
- Der Nickwinkel ist der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die X-Achse gedreht ist. Eine solche Drehung ist in [Fig. 2](#) durch den Pfeil P4 angedeutet. Durch die Definition des Kamerakoordinatensystems hat die erste Einzelbildkamera **16** einen Nickwinkel von 0° . Eine von 0° abweichende Winkelposition der zweiten Einzelbildkamera **18** ist der Nickwinkelfehler oder der Nickwinkel der Stereokamera **12**. Der Nickwinkel wird auch als PITCH-Winkel bezeichnet.
- Der Gierwinkel ist der Winkel, um den eine Einzelbildkamera um die Y-Achse gedreht ist. Eine solche Drehung ist in [Fig. 2](#) durch den Pfeil P3 angedeutet. Durch die Definition des Kamerakoordinatensystems hat die erste Einzelbildkamera **16**

einen Gierwinkel von 0° . Eine von 0° abweichende Winkelposition der zweiten Einzelbildkamera **18** ist der Gierwinkelfehler oder der Gierwinkel der Stereokamera **12**. Der Gierwinkel wird auch als YAW-Winkel bezeichnet.

[0067] Das Kamerakoordinatensystem ist vorzugsweise ein rechtshändiges Koordinatensystem, wobei die Winkelangaben der Wankwinkel, Nickwinkel und Gierwinkel auf die Richtungen dieser Winkel im rechtshändigen Koordinatensystem beziehen. Die Begriffe Wankwinkel, Nickwinkel und Gierwinkel stimmen im Wesentlichen mit den ebenso benannten Winkeln bei der Ausrichtung eines Flugzeugs überein. Alternativ kann auch jeweils ein Einzelbildkamerakoordinatensystem vorgesehen werden, wobei die Lage der Achsen der Einzelbildkamerakoordinatensysteme zueinander analysiert wird.

[0068] Ferner werden die mit Hilfe der beiden Einzelbildkameras **16**, **18** der Stereokamera **12** gleichzeitig aufgenommene Bilder auch als Bildpaar bezeichnet.

[0069] In [Fig. 3](#) sind die Einzelbildkameras **16**, **18** nach [Fig. 2](#) in einer Vorderansicht durch die Frontscheibe des Personenkraftwagens **10** hindurch dargestellt. Der Wankwinkel der Einzelbildkamera **16** ist α . Die Einzelbildkamera **18** ist um einen Wankwinkel α um die Z-Achse gedreht gegenüber der Kamera **16** angeordnet. Der Wankwinkel α der Stereokamera **12** wird mit Hilfe eines Bildanalyse- und -auswerteverfahrens bestimmt und bei der nachfolgenden Bildverarbeitung und Bildanalyse berücksichtigt. Der Wankwinkel wird auch als Rollwinkel bezeichnet.

[0070] In [Fig. 4](#) ist eine Seitenansicht der Kameras **16**, **18** dargestellt. Der Nickwinkel der ersten Einzelbildkamera **16** ist durch die Definition des Kamerakoordinatensystems mit 0° definiert. Dadurch hat die zweite Einzelbildkamera **18** einen Nickwinkel β . Mit Hilfe eines durch die Einzelbildkameras **16**, **18** erfassten Bildpaars kann der Nickwinkel β der Einzelbildkamera **18** bestimmt werden, der dann bei der Verarbeitung und Analyse weiterer Bilder berücksichtigt werden kann.

[0071] Bei einer Anordnung der Einzelbildkameras **16**, **18** im Weltkoordinatensystem waagrecht nebeneinander wird durch die Einzelbildkamera **18** zumindest auch ein Bereich unterhalb des mit Hilfe der Einzelbildkamera **16** erfassten Bereichs erfasst. Dadurch stimmen die mit Hilfe der Einzelbildkameras **16** und **18** erfassten Bereiche, d. h. die mit Hilfe der Einzelbildkameras **16**, **18** erfassten Bilder, nicht vollständig überein.

[0072] In [Fig. 5](#) sind die Einzelbildkameras **16**, **18** der Stereokamera **12** mit ihren optischen Achsen **38**, **40** in einer Draufsicht auf die X-Z-Ebene des Kamer-

akoordinatensystems dargestellt. Der Gierwinkel der ersten Einzelbildkamera **16** beträgt durch die Definition des Kamerakoordinatensystems 0° . Die zweite Einzelbildkamera **18** hat durch ihre Drehung um die die Y-Achse einen Gierwinkel γ .

[0073] Wenn der Nickwinkel und der Wankwinkel 0° betragen, schneiden sich die optischen Achsen **38**, **40** unter dem Gierwinkel γ . Der Gierwinkel γ der zweiten Einzelbildkamera **18** wird wie bereits erwähnt auch als Gierwinkelfehler oder als Gierwinkel der Stereokamera **12** bezeichnet.

[0074] Zur Verdeutlichung ist die optische Achse **38** parallel verschoben worden, so dass sie die optische Achse **40** in deren Schnittpunkt mit dem Bilderfassungsbereich **36** der Einzelbildkamera **18** schneidet. Die parallel verschobene optische Achse **38** ist mit **38'** bezeichnet. Die optischen Achsen **40**, **38'** spannen den Gierwinkel γ auf, um den die optischen Achsen **38**, **40** der Einzelbildkameras **16**, **18** gedreht angeordnet sind. Für eine exakte Entfernungsmessung, d.h. zu einer exakten Bestimmung der Entfernung eines mit Hilfe der Einzelbildkameras **16**, **18** erfassten Objekts, ist die Kenntnis des exakten Gierwinkels γ unbedingt erforderlich.

[0075] In **Fig. 6** ist die Position eines mit Hilfe eines Punkts dargestellten Objekts während der Annäherung an die Stereokamera **12** zu den Zeitpunkten T0 bis T10 dargestellt. Die Kameras **16**, **18** des Stereokamerasystems erfassen gleichzeitig ein Bild, in denen jeweils das als Punkt dargestellte Objekt ermittelt wird. Mit Hilfe der beiden Bilder, den voreingestellten Nick-, Roll- und Gierwinkel der Kameras **16**, **18**, wird die Entfernung des Objekts jeweils zum Zeitpunkt T0 bis T10 ermittelt. Die Kameras **16**, **18** des Stereokamerasystems nehmen in einem Zeitintervall von 0,045 Sekunden bzw. mit einer Bildwiederholfrequenz von 22 Hz zwei Bildpaare auf, mit denen dann die Entfernung ermittelt wird.

[0076] Das Objekt nach **Fig. 6** nähert sich jedoch tatsächlich mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit an die Stereokamera **12** an. Jedoch wird der scheinbar zwischen zwei Bildpaaren, d.h. zwischen zwei Zeitpunkten T0 bis T10, zurückgelegte Weg des Objekts jeweils kürzer obwohl der Abstand zwischen der Stereokamera **12** und dem Objekt zwischen zwei Zeitpunkten T0 bis T10 jeweils gleich groß ist. Der zurückgelegte Weg des Objekts zwischen zwei Zeitpunkten ist mit Hilfe der oberhalb der Objekte dargestellten Pfeile verdeutlicht. Die durch die Länge der Pfeile sichtbare Abweichung zwischen dem tatsächlich zurückgelegten Weg und dem mit Hilfe der Stereokamera **12** gemessenen zurückgelegten Weg des Objekts zwischen den jeweiligen Zeitpunkten T0 bis T10 ist auf einen nicht korrekt voreingestellten Gierwinkel γ zurückzuführen. Bei der Darstellung nach **Fig. 6** ist ein geringerer Gierwinkel γ zur Auswertung

der aufgenommenen Bilder voreingestellt als der tatsächlich zwischen den optischen Achsen **38**, **40** der Kamera **16**, **18** vorhandene Gierwinkel γ .

[0077] In **Fig. 7** ist die Position des Objekts während der Annäherung an die Stereokamera **12** zu den Zeitpunkten T0 bis T10 mit einem korrekt voreingestellten Gierwinkel γ dargestellt. Das Stereokamerasystem ermittelt, dass zwischen jeweils zwei Zeitpunkten T0 bis T10 derselbe Weg zwischen der Stereokamera **12** und dem Objekt zurückgelegt wird. Dies stimmt mit der tatsächlichen Annäherung des Objekts an die Kamera **12** überein.

[0078] In **Fig. 8** ist die Position des Objekts während der Annäherung an die Stereokamera **12** zu den Zeitpunkten T0 bis T10 dargestellt, wobei ein zu großer Gierwinkel γ voreingestellt ist. Aufgrund des zu groß voreingestellten Gierwinkels γ wird der bei der Annäherung des Objekts an die Kamera **12** zurückgelegte Weg bei einer größeren Entfernung des Objekts von der Stereokamera **12** kürzer als der tatsächlich zurückgelegte Weg ermittelt. Der tatsächlich zurückgelegte Weg ist in **Fig. 7** korrekt dargestellt.

[0079] Zwischen zwei Zeitpunkten T0 bis T10 liegt jeweils derselbe Zeitraum, beispielsweise 0,045 Sekunden. Aus den **Fig. 6** bis **Fig. 8** ist somit ersichtlich, dass bei einem zu gering eingestellten Gierwinkel γ gemäß **Fig. 6** der zwischen zwei Zeitpunkten T0 bis T10 gemessene zurückgelegte Weg zwischen Objekt und Stereokamera **12** mit zunehmender Entfernung zwischen Objekt und Stereokamera **12** zunimmt und der gemessene zurückgelegte Weg bei einem zu groß eingestellten Gierwinkel γ gemäß **Fig. 8** mit zunehmender Entfernung zwischen Stereokamera **12** und Objekt kleiner wird.

[0080] In **Fig. 9** sind die Verhältnisse zwischen der ermittelten scheinbaren Entfernung und der scheinbaren Annäherungsgeschwindigkeit des Objekts an die Stereokamera **12** nach den **Fig. 6** bis **Fig. 8** in einem Diagramm dargestellt. Die dort abgebildeten Graphen sind mit den jeweiligen Figurenbezeichnungen der **Fig. 6** bis **Fig. 8** als Bezugszeichen gekennzeichnet. Aus **Fig. 9** wird das bereits im Zusammenhang mit den **Fig. 6** bis **Fig. 8** erläuterte Prinzip der falsch ermittelten Annäherungsgeschwindigkeit aufgrund eines falsch voreingestellten Gierwinkels γ zur Auswertung der mit Hilfe der Kamera **16**, **18** aufgenommenen Bilder verdeutlicht.

[0081] Bei einem korrekt voreingestellten Gierwinkel γ gemäß **Fig. 7** entspricht die scheinbare, d.h. die bestimmte, Annäherungsgeschwindigkeit der tatsächlichen Annäherungsgeschwindigkeit zwischen Objekt und Stereokamera **12**. Die Annäherungsgeschwindigkeit ist konstant 1. Bei einem zu gering eingestellten Gierwinkel γ nimmt die scheinbare Annäherungsgeschwindigkeit des Objekts mit zunehmenden

der scheinbarer Entfernung infolge des sich vergrößernden Fehlers mit zunehmender Entfernung zu. Bei einem zu groß voreingestellten Gierwinkel γ gemäß [Fig. 8](#) wird mit zunehmender Entfernung zwischen Objekt und Stereokamera **12** eine zunehmend geringere scheinbare Annäherungsgeschwindigkeit mit Hilfe des Stereokamerasystems ermittelt.

[0082] In [Fig. 10](#) ist ein Ablaufplan zum Ermitteln von Korrekturwerten für die Nickwinkel und Wankwinkel der Stereokamera **12** dargestellt. Im Schritt S10 wird der Ablauf gestartet. Anschließend wird im Schritt S12 je ein Bild mit Hilfe der Kameras **16, 18** des Stereokamerasystems gleichzeitig erfasst. Anschließend werden im Schritt **514** mindestens zwei Bildkorrespondenzen in beiden Bildern bestimmt. Zur Erhöhung der Genauigkeit werden bei alternativen Abläufen mehr als zwei Bildkorrespondenzen, vorzugsweise mindestens fünf Korrespondenzen in beiden Bildern ermittelt. In der Praxis haben sich zwei bis zehn Bildkorrespondenzen als vorteilhaft erwiesen.

[0083] Im Schritt S16 werden dann mit Hilfe von aus der projektiven Geometrie abgeleiteten Rechenschritten eine Berechnung von Korrekturwerten für voreingestellte Nickwinkel β und Wankwinkel α berechnet. Die dabei ermittelten Werte für Nickwinkel β und Wankwinkel α werden dann als neue voreingestellte Werte für Nickwinkel und Wankwinkel α in der Steuer- und Auswerteeinheit **14** des Stereokamerasystems gespeichert und bei einer nachfolgenden Auswertung von weiteren erfassten Bildern, insbesondere bei der Entfernungsmessung mit Hilfe der erfassten Bildpaare, berücksichtigt. Anschließend wird der Ablauf im Schritt S18 beendet. Der im Zusammenhang mit [Fig. 10](#) beschriebene Ablauf wird vorzugsweise wiederholt abgearbeitet, beispielsweise nach jeder Erfassung eines Bildpaares.

[0084] In [Fig. 11](#) ist ein Ablauf zum Ermitteln eines tatsächlichen Gierwinkels γ zwischen den Kameras **16, 18** des Stereokamerasystems dargestellt. Der Ablauf wird im Schritt **520** gestartet. Anschließend wird im Schritt S22 je ein erstes Bild mit Hilfe der Kameras **16, 18** des Stereokamerasystems gleichzeitig erfasst. Nach einer voreingestellten Zeit, insbesondere nach 0,045 Sekunden wird zumindest je ein zweites Bild mit Hilfe der Kameras **16, 18** erfasst. Im Schritt S26 wird dann die Änderung der tatsächlichen Position der Stereokamera **12** im Raum zwischen dem Erfassen der ersten Bilder und dem Erfassen der zweiten Bilder ermittelt. Beispielsweise wird diese Positionsänderung mit Hilfe des satellitengestützten Navigationssystems und/oder eines von einem Geschwindigkeitsmesssystem des Personenkraftwagens **10** zur Verfügung gestellten Geschwindigkeitsmesswerts ermittelt, in dem die Stereokamera **12** fest angeordnet ist.

[0085] Im Schritt S28 ermittelt dann die Steuer- und Auswerteeinheit **14** des Stereokamerasystems mindestens eine Bildkorrespondenz in den ersten Bildern. Die Bildkorrespondenz wird vorzugsweise mit Hilfe von bekannten Bildauswerte- und Bildanalyseverfahren bestimmt. Anschließend wird im Schritt S30 eine Objekteigenschaft eines Objekts ermittelt, dem die ermittelte Bildkorrespondenz zuzuordnen ist. Das Ermitteln der Objekteigenschaft kann beispielsweise mit Hilfe eines Verfahrens erfolgen, durch das der Helligkeitsverlauf einer mit Hilfe der Kameras **16, 18** aufgenommenen Abbildung des Objekts abgetastet wird und der abgetastete Helligkeitsverlauf auf markante Übereinstimmungen mit voreingestellten Helligkeitsverläufen verglichen wird. Dadurch kann beispielsweise überprüft werden, ob es sich bei dem Objekt um eine Lichtquelle bzw. um ein Leuchtmittel handelt, die/das mit einer Wechselspannung eines Energieversorgungsnetzes gespeist wird.

[0086] Ausgehend von dieser Objekteigenschaft kann beispielsweise für den weiteren Ablauf angenommen werden, dass es sich bei dem ermittelten Objekt um ein ortsfestes Objekt bzw. eine ortsfeste Lichtquelle handelt. Im Schritt S32 wird anschließend überprüft, ob die ermittelte Objekteigenschaft des Objekts für den weiteren Ablauf in geeigneter Weise genutzt werden kann. Ist das nicht der Fall, so wird anschließend im Schritt S32 mindestens eine weitere Bildkorrespondenz der ersten Bilder ermittelt. Nachfolgend wird im Schritt S30 wiederum eine Objekteigenschaft eines Objekts ermittelt, dem die dann im Schritt S34 ermittelte Bildkorrespondenz zuzuordnen ist.

[0087] Wird im Schritt S32 festgestellt, dass die ermittelte Objekteigenschaft für den weiteren Verfahrensablauf geeignet erscheint, wird anschließend im Schritt S36 die tatsächliche Geschwindigkeit des Objekts im Raum bestimmt. Kann aufgrund der Objekteigenschaft geschlussfolgert werden, dass es sich bei dem ermittelten Objekt um ein ortsfestes Objekt handelt, ist die Geschwindigkeit des Objekts im Raum 0 m/s. Alternativ kann sowohl die Objekteigenschaft als auch die Geschwindigkeit des Objekts im Raum von einer mit diesem Objekt verbundenen Kommunikationseinrichtung vorzugsweise über ein Kommunikationsnetz oder von einer weiteren unabhängigen Messeinrichtung ermittelt und zum Personenkraftwagen **10** übertragen werden. Anschließend wird im Schritt S38 dieselbe Bildkorrespondenz in den zweiten Bildern bestimmt. Im Schritt S40 wird dann die scheinbare Positionsänderung des Objekts im Raum ermittelt. Im Schritt S32 wird dann der Gierwinkel γ bestimmt, bei dem die scheinbare Positionsänderung gleich der aus der tatsächlichen Geschwindigkeit bestimmten tatsächlichen Positionsänderung ist. Der Ablauf ist anschließend im Schritt S44 beendet.

[0088] Alternativ kann im Schritt S40 die scheinbare Geschwindigkeit des Objekts im Raum ermittelt werden. Anschließend wird dann im Schritt S42 der Gierwinkel bestimmt, bei dem die scheinbare Geschwindigkeit gleich der tatsächlichen Geschwindigkeit ist. Der ermittelte Gierwinkel γ dient als Kalibrierparameter zum Kalibrieren oder zu einer Justage des Stereokamerasystems. Zum Kalibrieren kann der ermittelte Gierwinkel bei der Auswertung der mit Hilfe der Stereokamera **12** aufgenommenen Bildern beim Bestimmen der Entfernung zwischen Stereokamera **12** und einem weiteren Objekt genutzt werden.

[0089] In [Fig. 12](#) ist ein alternativer Ablauf zu dem in [Fig. 10](#) dargestellten Ablauf zum Ermitteln des Gierwinkels γ der Kameras **16**, **18** und der Stereokamera **12** dargestellt. Der Ablauf wird im Schritt S50 gestartet. Anschließend wird im Schritt S52 je ein erstes Bild, d.h. ein erstes Bildpaar, mit Hilfe der Kameras **16**, **18** des Stereokamerasystems gleichzeitig erfasst. Im Schritt S54 werden dann in einem festen voreingestellten Zeitintervall nacheinander mehrere Bildpaare durch die Kameras **16**, **18** erfasst. Im Schritt S56 wird dann die tatsächliche Positionsänderung der Stereokamera **12** im Raum während der Zeitintervalle ermittelt.

[0090] Im Schritt S58 wird mindestens eine Bildkorrespondenz in den ersten Bildern bestimmt. Anschließend wird im Schritt S60 mit Hilfe von mehreren nacheinander erfassten Bildpaaren eine Objekteigenschaft des Objekts ermittelt, dem die ermittelte Bildkorrespondenz zuzuordnen ist. Anschließend wird im Schritt S62 überprüft, ob die ermittelte Objekteigenschaft für den weiteren Verfahrensablauf geeignet ist, d.h. ob mit Hilfe des Objekts der aktuelle Gierwinkel γ der Stereokamera **12** bzw. der Kamera **18** zum Kamerakoordinatensystem bestimmbar ist. Ist das nicht der Fall, so wird anschließend im Schritt S64 mindestens eine Bildkorrespondenz in den erfassten Bildern ermittelt und der Ablauf im Schritt S60 fortgesetzt.

[0091] Wird im Schritt S62 jedoch ermittelt, dass die Objekteigenschaft für den weiteren Verfahrensablauf geeignet ist, bzw. dass das Objekt für den weiteren Verfahrensablauf geeignet ist, wird im Schritt S66 die tatsächliche Geschwindigkeit des Objekts im Raum ermittelt. Dies kann in gleicher Weise erfolgen, wie im Zusammenhang mit [Fig. 11](#), S36, nach beschrieben. Im Schritt S68 wird dieselbe Bildkorrespondenz in den Abbildungen der weiteren Bildpaare bestimmt. Anschließend wird im Schritt S70 die im Schritt S68 in den weiteren Bildpaaren bestimmte Bildkorrespondenz verfolgt, vorzugsweise mit Hilfe eines so genannten Tracking-Verfahrens, wobei über diesen Verfolgungszeitraum eine scheinbare Geschwindigkeit des Objekts im Raum ermittelt wird.

[0092] Das Ermitteln der Geschwindigkeit mit meh-

rerer weiteren Bildpaaren erhöht die Genauigkeit der ermittelten scheinbaren Geschwindigkeit. Im Schritt S72 wird dann der Gierwinkel γ bestimmt, bei dem die scheinbare Geschwindigkeit gleich der tatsächlichen Geschwindigkeit ist. Anschließend ist der Ablauf im Schritt S74 beendet. Auch bei dem Verfahrensablauf nach [Fig. 12](#) kann der ermittelte Gierwinkel γ als Kalibrierparameter für die weitere Auswertung von mit Hilfe der Einzelbildkameras erfassten Bildern oder zur Neukalibrierung mindestens einer Einzelbildkamera der Stereokamera **12** genutzt werden. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Abläufe nach den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) kann weiter erhöht werden, indem mehrere Bildkorrespondenzen in den Bildpaaren ermittelt werden, die vorzugsweise demselben Objekt zuzuordnen sind.

[0093] In [Fig. 13](#) ist der Verlauf der Helligkeitsschwankung einer mit einer 50 Hz Wechselspannung gespeisten Lichtquelle dargestellt, wobei die Helligkeitsschwankung als relativer Grauwert mit Hilfe einer der Kameras **16**, **18** des Stereokamerasystems aufgenommenen Bildfolge ermittelt und angegeben ist.

[0094] Diese Kamera **16**, **18** erzeugt Bilder im Abstand von 0,045 Sekunden, das heißt mit einer Frequenz von 22 Hz Abbildungen des Objekts. Es wird die Helligkeit des Objekts in diesen Bildern ermittelt. Mit Hilfe der ermittelten Helligkeitswerte wird ein resultierender Helligkeitsverlauf ermittelt. Eine mit 50 Hz Wechselspannung betriebenen Lichtquelle hat eine Helligkeitsschwankung von 100 Hz. Die tatsächliche Helligkeit und die durch die Abtastung resultierende Helligkeit der Lichtquelle ist auf einer Skala von 0 bis 1 als relativer Wert auf der Y-Achse des Diagramms der [Fig. 13](#) angetragen. Auf der X-Achse ist der zeitliche Verlauf von 0 bis 1 Sekunden angetragen. Aufgrund der Abtastung der 100 Hz Helligkeitsschwankung der Lichtquelle mit einer Abtastfrequenz von 22 Hz ergibt sich ein markanter Helligkeitsverlauf, der insbesondere die Überlagerung der 100 Hz Helligkeitsschwankung und der 22 Hz Abtastfrequenz ist. Eine derartige Überlagerung wird auch als Schwebung bezeichnet.

[0095] In [Fig. 14](#) ist der durch die mit einer Abtastfrequenz von 22 Hz abgetastete 100 Hz Helligkeitsschwankung der mit 50 Hz Wechselspannung gespeisten Lichtquelle dargestellt. Es ergibt sich dabei der bereits in [Fig. 13](#) dargestellte Helligkeitsverlauf, der nachfolgend in [Fig. 14](#) ohne die 100 Hz Grundschwingung der mit 50 Hz Wechselspannung gespeisten Lichtquelle dargestellt ist.

[0096] In [Fig. 15](#) ist der resultierende Helligkeitsverlauf der Abtastung der 100 Hz Helligkeitsschwankung einer mit 50 Hz Wechselspannung versorgten Lichtquelle dargestellt. Die Abtastfrequenz zum Ermitteln des in [Fig. 16](#) dargestellten Helligkeitsver-

laufs beträgt etwa 26 Hz. Dadurch ergibt sich ein weniger markanter Helligkeitsverlauf als der in [Fig. 15](#) gezeigte. Jedoch kann auch durch einen Vergleich des in [Fig. 15](#) dargestellten Helligkeitsverlaufs mit möglichen voreingestellten Helligkeitsverläufen ermittelt werden, dass es sich bei dem Objekt um eine mit 50 Hz Wechselspannung gespeiste Lichtquelle handelt, insbesondere um eine öffentliche Straßenbeleuchtung.

[0097] In [Fig. 16](#) ist die Abtastung einer 120 Hz Helligkeitsschwankung mit einer Abtastfrequenz von 22 Hz einer mit einer 60 Hz Wechselspannung gespeisten Lichtquelle als relativer Grauwert in Abhängigkeit der Zeit dargestellt. Der durch die Abtastung erzeugte Helligkeitsverlauf stimmt im Wesentlichen mit dem bei einer Abtastung von 22 Hz erzeugte Helligkeitsverlauf einer mit 50 Hz Wechselspannung versorgten Lichtquelle mit einer Helligkeitsschwankung von 100 Hz überein.

[0098] In [Fig. 17](#) ist der durch die Abtastung mit 22 Hz Abtastfrequenz erzeugte Helligkeitsverlauf der mit 60 Hz Wechselspannung betriebenen Lichtquelle nach [Fig. 16](#) ohne die 120 Hz Grundschwankung dargestellt. Somit hat die Abtastfrequenz von 22 Hz den Vorteil, dass die infolge der Abtastung erzeugten Helligkeitsverläufe der Helligkeitsschwankung einer mit 50 Hz Wechselspannung betriebenen und einer mit 60 Hz Wechselspannung betriebenen Lichtquelle im wesentlichen übereinstimmt, wodurch die Auswertung erheblich vereinfacht ist. Durch die unterschiedlichen Frequenzen der Wechselspannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen, beispielsweise in Europa und in den USA (Europa: 50 Hz; USA: 60 Hz), kann ohne eine Änderung der Abtastfrequenz und ohne andere Vergleichsverläufe erkannt werden, ob es sich bei der Lichtquelle um eine mit 50 oder 60 Hz Wechselspannung betriebene Lichtquelle und somit um ein ortsfestes Objekt handelt.

[0099] Jedoch können alternativ bei einer Abtastung mit anderen Abtastfrequenzen Unterschiede in den Helligkeitsverläufen dazu genutzt werden, um zu ermitteln, ob es sich bei der Lichtquelle um eine mit 50 Hz Wechselspannung oder mit 60 Hz Wechselspannung betriebene Lichtquelle handelt. Um das erfindungsgemäße Verfahren zum Ermitteln von einer Objekteigenschaft, insbesondere der Objekteigenschaft mit 50/60 Hz Wechselspannung betriebenen Lichtquelle zu ermitteln, können jedoch auch unterschiedliche Helligkeitsverläufe durch die Abtastung mit Hilfe von nacheinander aufgenommenen Bildern erzeugt werden, die dann ausgewertet und mit voreingestellten Helligkeitsverläufen verglichen werden. Bei einer überwiegend wahrscheinlichen Übereinstimmung wird dann festgestellt, dass es sich bei dem Objekt um eine Lichtquelle bzw. ein Leuchtmittel handelt, das mit einer Frequenz von 50/60 Hz betrieben wird.

[0100] In [Fig. 18](#) ist der resultierende Helligkeitsverlauf bei der Abtastung einer mit 60 Hz Wechselspannung betriebenen Lichtquelle bei einer Abtastfrequenz von 26 Hz dargestellt. Der in [Fig. 18](#) dargestellte Helligkeitsverlauf weicht von dem in [Fig. 15](#) dargestellten Helligkeitsverlauf ab, so dass mit Hilfe dieser Abweichung ermittelt werden kann, dass es sich bei dem in [Fig. 18](#) dargestellten Helligkeitsverlauf nicht um eine mit 50 Hz Wechselspannung betriebene Lichtquelle sondern um eine mit 60 Hz betriebene Lichtquelle handelt.

[0101] In den [Fig. 13](#) bis [Fig. 18](#) sind die Helligkeitsschwankungen einer Lichtquelle einer öffentlichen Straßenbeleuchtung mit Hilfe eines Grauwerts, der mit Hilfe einer der Kameras [16](#), [18](#) ermittelt worden ist, dargestellt. Jedoch kann auch jede andere beliebige Lichtquelle als Objekt erfasst werden, wie z.B. die Lichtquellen von Ampelanlagen oder beleuchteten Verkehrszeichen. Aber auch die Lichtquellen zur Beleuchtung von Gebäuden oder Räumen können mit Hilfe der Abtastung derart bestimmt werden, dass ermittelt wird, dass es sich bei diesen Lichtquellen um eine mit einer 50 Hz bzw. einer 60 Hz Wechselspannung versorgten Lichtquelle handelt. Eine solche Lichtquelle kann dann als ortsfest angenommen werden. Die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen dieser Kamera und dieser Lichtquelle ist dann die tatsächliche Geschwindigkeit der Stereokamera im Raum, insbesondere die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs, mit dem die Stereokamera fest verbunden ist. Mit Hilfe dieser tatsächlichen Geschwindigkeit der Stereokamera kann auch auf einfache Art und Weise eine tatsächliche Entfernungsänderung in einem Zeitraum bestimmt werden. Bei einer ungleichförmigen Bewegung der Stereokamera wird der Mittelwert der Geschwindigkeit während des Zeitraums bestimmt. Vorzugsweise wird die Geschwindigkeit über den Zeitraum integriert.

[0102] Die im Zusammenhang mit den [Fig. 1](#) bis [Fig. 18](#) beschriebenen Verfahren sind allgemein bei Stereokameras [12](#) vorteilhaft einsetzbar. Die Stereokameras können dabei im Unterschied zu der in [Fig. 1](#) gezeigten Stereokamera [12](#) ortsfest angeordnet sein, wobei die zu bestimmenden Objekte vorzugsweise eine Relativbewegung zu der Stereokamera haben. Die Stereokamera kann jedoch auch in anderen bewegten Objekten angeordnet sein, beispielsweise in Schienenfahrzeugen, Luftfahrzeugen und Seefahrzeugen. Ferner können die Stereokamera [12](#) und die weiteren Elemente [14](#) bis [24](#) in anderen Kraftfahrzeugen, vorzugsweise in Lastkraftwagen oder Bussen vorteilhaft eingesetzt werden. Zusätzlich können die mit Hilfe der Kameras [16](#), [18](#) aufgenommenen Bilder auch auf Anzeigeeinheiten im jeweiligen Fahrzeug oder außerhalb des Fahrzeugs angezeigt sowie mit Hilfe eines Kommunikationsnetzes übertragen werden.

[0103] Bei der Überlagerung der 100 Hz und 120 Hz Helligkeitsschwankungen nach den [Fig. 12](#), [Fig. 13](#), [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) mit der Abtastfrequenz von 22 Hz ergibt sich dadurch der im wesentlichen übereinstimmende Verlauf der resultierenden Helligkeit bei 100 Hz und 120 Hz, da sich durch das Abtasten jeweils eine 10 Hz-Schwingung nach den Gleichungen:

$$100 \text{ Hz} - 5 \cdot 22 \text{ Hz} = -10 \text{ Hz}$$

$$120 \text{ Hz} - 5 \cdot 22 \text{ Hz} = 10 \text{ Hz}$$

ergibt. Überlagert wird die resultierende 10 Hz Schwingung von einer harmonischen Schwingung nach folgender Gleichung:

$$100 \text{ Hz} - 4 \cdot 22 \text{ Hz} = 12 \text{ Hz}$$

$$120 \text{ Hz} - 6 \cdot 22 \text{ Hz} = -12 \text{ Hz}$$

Somit führen alle Abtastfrequenzen zu demselben Helligkeitsverlauf beim Abtasten der 100 Hz und der 120 Hz Schwingung, bei denen die Gleichung:

Grundfrequenz der Helligkeit – n · Abtastfrequenz

denselben Betrag ergibt.

[0104] Das Steuern der beschriebenen Verfahrensabläufe erfolgt vorzugsweise mit Hilfe einer Datenverarbeitungsanlage, insbesondere mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors (DSP), die bzw. der ein spezielles Computerprogramm abarbeitet, wodurch zumindest ein Teil der beschriebenen Verfahrensschritte ausgeführt werden.

[0105] Obgleich in den Zeichnungen und in der vorhergehenden Beschreibung bevorzugte Ausführungsbeispiele aufgezeigt und detailliert beschrieben worden sind, sollte sie lediglich als rein beispielhaft und die Erfindung nicht einschränkend angesehen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass nur die bevorzugten Ausführungsbeispiele dargestellt und beschrieben sind und sämtliche Veränderungen und Modifizierungen, die derzeit und künftig im Schutzbereich der Erfindung liegen, geschützt werden sollen. Anstelle einer Stereokamera **12** mit zwei Einzelbildkameras **16**, **18** kann beispielsweise eine Stereokamera mit mehr als zwei Einzelbildkameras verwendet werden.

Bezugszeichenliste

10	Personenkraftwagen
12	Stereokamera
14	Auswerte- und Steuereinheit
16, 18	Einzelbildkamera
20, 21	Datenbus
22, 24	Sende- und Empfangseinheit
26	Frontbereich

28	Stereokamera
P1	Richtungspfeil
30, 32	Objektivoptik
34, 36	Bildebene
38, 40, 38'	optische Achse
S10 bis S74	Verfahrensschritte
T0 bis T10	Zeitpunkt
X, Y, Z	Koordinatenachsen Kamerakoordinatensystem

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern, die mit Hilfe einer Kamera erfasst werden, bei dem mindestens ein Objekt in einem ersten mit Hilfe der Kamera (**16**, **18**) erfassten Bild bestimmt wird, die Helligkeit des bestimmten Objekts ermittelt wird, zumindest jeweils nach einem voreingestellten Zeitintervall ein weiteres Bild mit Hilfe der Kamera (**16**, **18**) erfasst wird, das Objekt in jedem der weiteren Bilder bestimmt wird, jeweils die Helligkeit des bestimmten Objekts jedes Bildes ermittelt wird, und bei dem dem Objekt abhängig vom Verlauf der Helligkeit eine Objekteigenschaft zugewiesen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe des Verlaufs der Helligkeit eine charakteristische Helligkeitsschwankung oder charakteristische Helligkeitsschwankungen des vom Objekt abgestrahlten Lichts ermittelt wird bzw. werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass überprüft wird, ob der Verlauf der Helligkeitsschwankung bzw. der Helligkeitsschwankungen einem gespeicherten Helligkeitsschwankungsverlauf entspricht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe des Zeitintervalls eine Abtastfrequenz (22 Hz) zum Erfassen der Helligkeit des Objekts erzeugt wird, und dass vorzugsweise im Zeitintervall zwischen zwei Bildern mit Hilfe der Kamera zusätzliche Bilder erfasst werden, die zumindest nicht als weitere Bilder zum Ermitteln des Verlauf der Helligkeit genutzt werden, wobei die Bilderfassungsfrequenz vorzugsweise ein Vielfaches der Abtastfrequenz ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die tatsächliche Helligkeit des Objekts mit einer ersten Frequenz (100 Hz/120 Hz) geändert wird, die von der durch das Zeitintervall zwischen zwei Bildern festgelegte Abtastfrequenz (22 Hz) verschieden ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Frequenz die doppelte Netzfrequenz einer Wechselspannung eines Energieversorgungsnetzes ist, insbesondere 100 Hz, 120 Hz, 33 1/3 Hz oder 33,4 Hz.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt eine Lichtquelle ist, wobei die Lichtquelle vorzugsweise mit einer Wechselspannung gespeist wird, insbesondere mit einer Wechselspannung aus einem öffentlichen Energieversorgungsnetz, die vorzugsweise eine Frequenz von 50 Hz, 60 Hz, 16 2/3 Hz oder 16,7 Hz hat.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe des Zeitintervalls eine Abtastfrequenz (22 Hz) zum Erfassen der Helligkeit des Objekts erzeugt wird, die geringer ist als die erste Frequenz (100 Hz/120 Hz), wobei der mit Hilfe der Abtastfrequenz (22 Hz) ermittelte Helligkeitsverlauf einen oszillierenden Verlauf mit periodischen Amplitudenschwankungen hat, die eine dritte Frequenz haben, wobei die dritte Frequenz geringer ist als die Abtastfrequenz.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der oszillierende Verlauf mit den periodischen Amplitudenschwankungen die resultierende Schwingung aus Abtastfrequenz und erster Frequenz, insbesondere die Schwebung der Abtastfrequenz und der ersten Frequenz, ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Helligkeit des Objekts mit Hilfe des Grauwertes der Objektabbildung ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera während des Aufnehmens der Bilder mit einer Geschwindigkeit im Raum bewegt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig vom ermittelten Helligkeitsverlauf ermittelt wird, dass das Objekt ein bewegtes Objekt oder ein ortsfestes Objekt ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt und/oder die Helligkeit mit Hilfe eines Bildanalyseverfahrens ermittelt wird.

14. Vorrichtung zum Bestimmen einer Objekteigenschaft eines Objekts mit Hilfe von Bildern, die mit Hilfe einer Kamera erfasst worden sind, mit einer Kamera (16, 18), die zumindest in einem voreingestellten Zeitintervall Bilder von mindestens einem Objekt erfasst,

mit einem Mittel (14), das mindestens ein Objekt in einem ersten mit Hilfe der Kamera (16, 18) erfassten Bild bestimmt, das die Helligkeit des bestimmten Objekts ermittelt, das das Objekt in jedem der weiteren mit Hilfe der Kamera (16, 18) im voreingestellten Zeitintervall erfassten Bilder bestimmt, das jeweils die Helligkeit des bestimmten Objekts jedes Bildes ermittelt, und das dem Objekt abhängig vom Verlauf der Helligkeit eine Objekteigenschaft zuweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel eine Steuereinheit (14) umfasst, die vorzugsweise einen DSP enthält.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera eine Kamera (16, 18) eines Stereokamerasystems ist.

17. Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem eine Relativbewegung der Stereokamera (12) zu einem weiteren Objekt analysiert wird, wobei mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander erfassten Objektabbildungen des Objekts jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt wird, mit Hilfe der bestimmten Entfernungen eine scheinbare Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt wird, die tatsächliche Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera (12) und Objekt ermittelt wird, und wobei abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernungsänderung und der tatsächlichen Entfernungsänderung mindestens ein Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zu dem Objekt und/oder zu weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) erfassten Objektabbildungen ermittelt wird.

18. Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem eine Relativbewegung der Stereokamera (12) zu einem weiteren Objekt analysiert wird, wobei mit Hilfe durch die Stereokamera (12) mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander erfassten Objektabbildungen des Objekts jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt wird, mit Hilfe der bestimmten Entfernungen eine scheinbare Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt wird, die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt ermittelt wird, und wobei abhängig von der Abweichung der scheinbaren Geschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit mindestens ein Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen

der Stereokamera (**12**) und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera (**12**) und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (**12**) erfassten Objektabbildungen ermittelt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die tatsächliche Geschwindigkeit durch Integration der Relativgeschwindigkeit zwischen der Stereokamera (**12**) und dem Objekt im zeitlichen Abstand zwischen dem Erfassen der Objektabbildungen ermittelt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass als Kalibrierparameter ein Winkel (γ) der optischen Achsen (**38**, **40**) von Einzelbildkameras (**16**, **18**) der Stereokamera (**12**) zueinander ermittelt wird, wobei der Winkel (γ) vorzugsweise bei einem Nickwinkel von 0° und einem Wankwinkel von 0° ermittelt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der als Kalibrierparameter dienende Winkel (γ) zwischen der ersten optischen Achse (**38**) der ersten Einzelbildkamera (**16**) nach einer abhängig von den tatsächlich ermittelten Wank- und Nickwinkeln der Einzelbildkameras (**16**, **18**) durchgeführten Anpassung der mit Hilfe dieser Einzelbildkameras aufgenommenen Bildern ermittelt wird, wobei die korrigierten Bilder Bildern entsprechen, die mit Hilfe der Einzelbildkameras (**16**, **18**) mit Wank- und Nickwinkeln von jeweils 0° entsprechen.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass der ermittelte Winkel (γ) der Gierwinkel oder die Gierwinkelabweichung zu einem voreingestellten Gierwinkel ist, der bzw. die mit Hilfe mindestens einer aus der projektiven Geometrie abgeleiteten Gleichung berechnet wird, wobei der ermittelte Winkel (γ) als Winkel zur Auswertung und/oder Analyse mit Hilfe der Einzelbildkameras (**16**, **18**) erfassten Bilder in einer Auswerteeinheit (**14**) gespeichert wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Nickwinkel (β) der Stereokamera (**12**) ermittelt wird, wobei der ermittelte Nickwinkel (β) beim Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 17 bis 22 berücksichtigt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wankwinkel (α) der Stereokamera (**12**) ermittelt wird, wobei der ermittelte Wankwinkel (α) beim Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 17 bis 23 berücksichtigt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Entfernungsmessung je ein Bild mit jeder der Einzelbildka-

meras (**16**, **18**) der Stereokamera (**12**) gleichzeitig erfasst wird, vorzugsweise ein Bildpaar mit Hilfe von zwei Einzelbildkameras (**16**, **18**).

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Entfernung und Geschwindigkeit beim Ermitteln der scheinbaren und/oder der tatsächlichen Geschwindigkeit berücksichtigt wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Objekteigenschaft eines der ermittelten Bildkorrespondenz zuzuordnenden Objekts bestimmt wird, und dass die tatsächliche Geschwindigkeit oder die tatsächliche Positionsänderung mit Hilfe dieser Objekteigenschaft ermittelt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Objekteigenschaft mit Hilfe des eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 bestimmt wird, insbesondere die Objekteigenschaft Lichtquelle mit einer Wechselspannung betrieben, wodurch das Objekt als ortsfest betrachtet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Objekteigenschaft vom Objekt, vorzugsweise mit Hilfe eines Datennetzes oder eines Kommunikationsnetzes zum Stereokamerasystem (**12**, **14**) übertragen wird, wobei insbesondere die Position des Objekts im Raum, die Entfernung vom Objekt zur Stereokamera (**12**) oder zu einer Auswerteeinheit (**14**) übertragen wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Objekts über mehrere nacheinander aufgenommenen Bilder hinweg verfolgt wird und die scheinbare Geschwindigkeit und/oder die scheinbare Entfernung des Objekts wiederholt ermittelt wird, vorzugsweise mit Hilfe eines Trackingverfahrens.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere nacheinander erfasste Bilder mit Hilfe eines Objektverfolgungsverfahrens, insbesondere mit Hilfe eines Trackingverfahrens, analysiert werden, wobei die scheinbare Bewegung eines Objekts im Raum ermittelt wird, vorzugsweise der scheinbare Geschwindigkeitsvektor bzw. die scheinbare Geschwindigkeit und die scheinbare Bewegungsrichtung des Objekts ermittelt wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe der tatsächlichen Geschwindigkeit des Objekts im Raum und der Zeit zwischen dem Erfassen der ersten und der zweiten Bilder eine tatsächliche Positionsänderung des Objekts im Raum bestimmt wird, und

dass die Abweichung der tatsächlichen Entfernungsänderung von der mit Hilfe der Entfernungsmessungen ermittelten scheinbaren Entfernungsänderung bestimmt wird, wobei der Kalibrierparameter mit Hilfe dieser Abweichung ermittelt wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das Stereokamerasystem mindestens eine Steuereinheit (14) und mindesten zwei Einzelbildkameras (16, 18) umfasst.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Bildkorrespondenz in ersten mit Hilfe der mindestens zwei Einzelbildkameras (16, 18) der Stereokamera (12) gleichzeitig erfassten Objektabbildungen ermittelt wird, wobei die Bildkorrespondenz einem Objekt zugeordnet wird, und wobei die Bildkorrespondenz zumindest in zweiten mit Hilfe der Einzelbildkameras (16, 18) der Stereokamera (12) gleichzeitig erfassten Objektabbildungen zum Auffinden des Objekts ermittelt wird.

35. Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine Steuereinheit (14) eine Relativbewegung der Stereokamera (12) zu einem weiteren Objekt analysiert, die Stereokamera (12) mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander Objektabbildungen des Objekts erfasst, die Steuereinheit (14) mit Hilfe der erfassten Objektabbildungen jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt, die Steuereinheit (14) mit Hilfe der bestimmten Entfernungen eine scheinbare Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt, die Steuereinheit (14) die tatsächliche Entfernungsänderung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt ermittelt, und bei der die Steuereinheit (14) abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernungsänderung und der tatsächlichen Entfernungsänderung mindestens einen Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera (12) und mindestens einem weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) erfassten Objektabbildungen ermittelt.

36. Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine Steuereinheit (14) eine Relativbewegung der Stereokamera (12) zu einem weiteren Objekt analysiert, die Stereokamera (12) mindestens zwei Mal in einem zeitlichen Abstand nacheinander Objektabbildungen des Objekts erfasst,

die Steuereinheit (14) mit Hilfe der erfassten Objektabbildungen jeweils die Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt, die Steuereinheit (14) mit Hilfe der bestimmten Entfernungen eine scheinbare Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt bestimmt, die Steuereinheit (14) die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt ermittelt, und bei der die Steuereinheit (14) abhängig von der Abweichung der scheinbaren Geschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit mindestens einen Kalibrierparameter für das Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera (12) und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) erfassten Objektabbildungen ermittelt.

37. Verfahren zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei dem die tatsächliche Position eines Objekts zu einem Zeitpunkt bestimmt wird, die scheinbare Entfernung zwischen Stereokamera (12) und Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) zu diesem Zeitpunkt erfassten Objektabbildungen des Objekts bestimmt wird, die tatsächliche Position der Stereokamera (12) zu diesem Zeitpunkt bestimmt wird, die tatsächliche Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe der bestimmten tatsächlichen Positionen bestimmt wird, mindestens ein Kalibrierparameter abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernung von der tatsächlichen Entfernung ermittelt wird, der zum Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera (12) und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) erfassten Objektabbildungen dient.

38. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass tatsächliche Position des Objekts zu einer Auswerteeinheit (14) übertragen wird, wobei die Übertragung vorzugsweise mit Hilfe einer dem Objekt zugeordneten Kommunikationseinheit durchgeführt wird.

39. Verfahren nach Anspruch 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass die tatsächliche Position des Objekts, die tatsächliche Position der Stereokamera (12) und/oder der Zeitpunkt mit Hilfe von Signalen eines satellitengestützten Navigationssystems (GPS) ermittelt wird.

40. Verfahren nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, dass die scheinbare Entfer-

nung zwischen Stereokamera (12) und Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) zu diesem Zeitpunkt erfassten Objektabbildungen des Objekts, die tatsächliche Entfernung zwischen Stereokamera (12) und Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe der bestimmten tatsächlichen Positionen und/oder der Kalibrierparameter mit Hilfe der Auswerteeinheit (14) bestimmt wird.

41. Vorrichtung zum Ermitteln eines Kalibrierparameters für eine Stereokamera, bei der eine erste Auswerteeinheit die tatsächliche Position eines Objekts zu einem Zeitpunkt bestimmt, eine zweite Auswerteeinheit (14) die scheinbare Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) zu diesem Zeitpunkt erfassten Objektabbildungen des Objekts bestimmt, die zweite Auswerteeinheit (14) die tatsächliche Position der Stereokamera (12) zu diesem Zeitpunkt ermittelt, die zweite Auswerteeinheit (14) die tatsächliche Entfernung zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe der bestimmten tatsächlichen Positionen bestimmt, und bei der die zweite Auswerteeinheit (14) mindestens einen Kalibrierparameter abhängig von der Abweichung der scheinbaren Entfernung von der tatsächlichen Entfernung ermittelt, der zum Bestimmen von weiteren Entfernungen zwischen der Stereokamera (12) und dem Objekt und/oder zwischen der Stereokamera (12) und weiteren Objekten mit Hilfe von durch die Stereokamera (12) erfassten Objektabbildungen dient.

42. Computersoftware, umfassend Befehle und Daten in codierter Form, die nach dem Laden der Computersoftware ein Computersystem veranlassen, die in einem der Ansprüche 1 bis 13, 17 bis 34 und oder 37 bis 40 genannten Schritte auszuführen.

43. Datenträger, dadurch gekennzeichnet, dass auf diesem Datenträger Daten der Computersoftware nach Anspruch 42 gespeichert sind.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

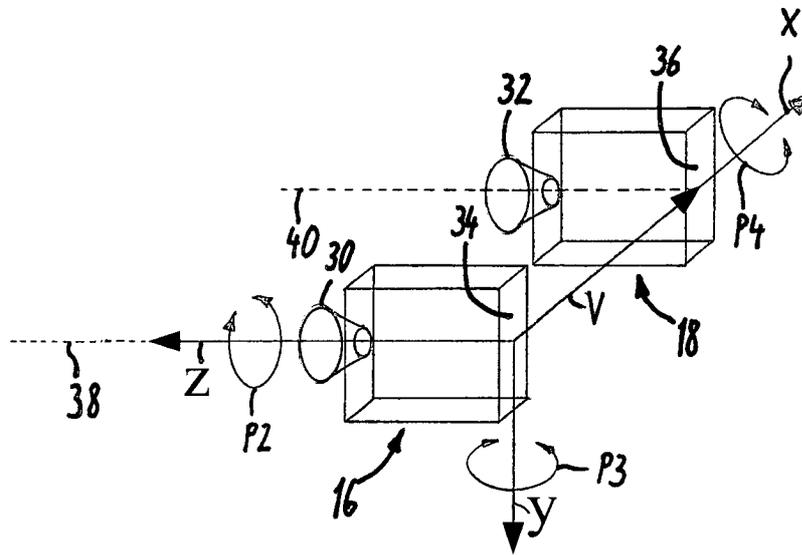


Fig. 2

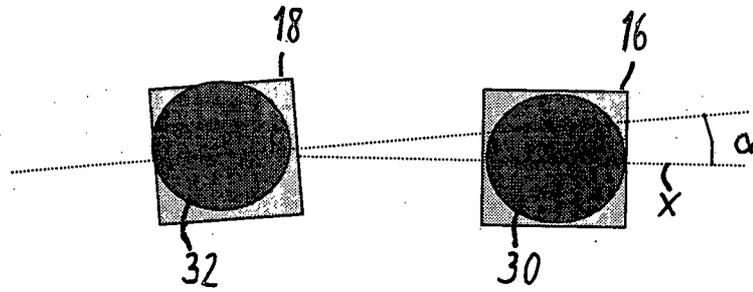


Fig. 3

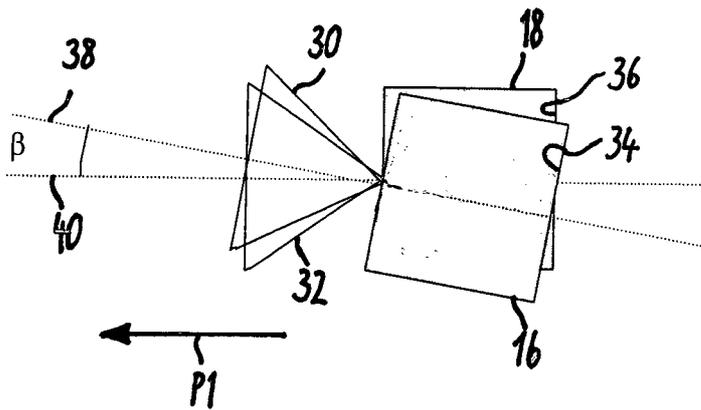


Fig. 4

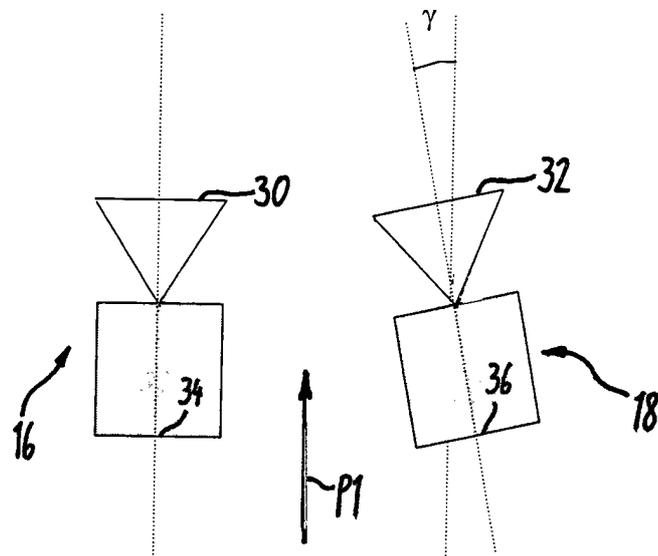


Fig. 5

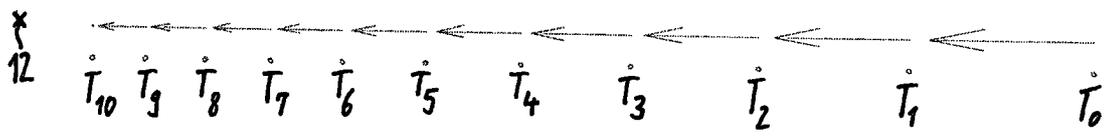


Fig. 6

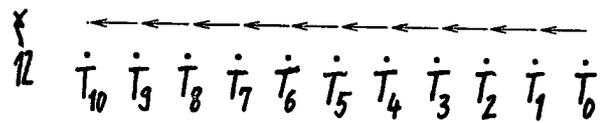


Fig. 7

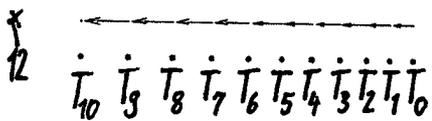


Fig. 8

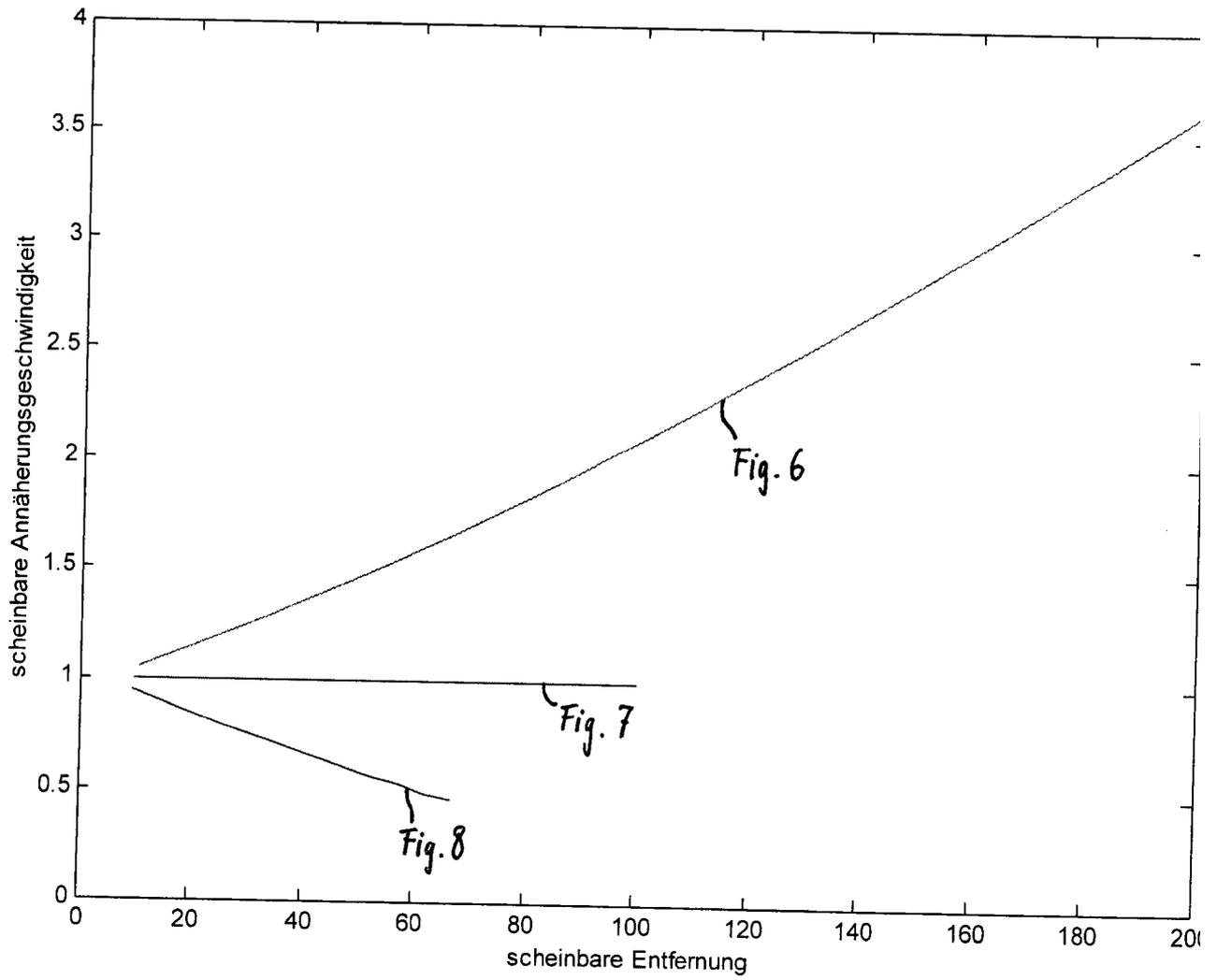


Fig. 9

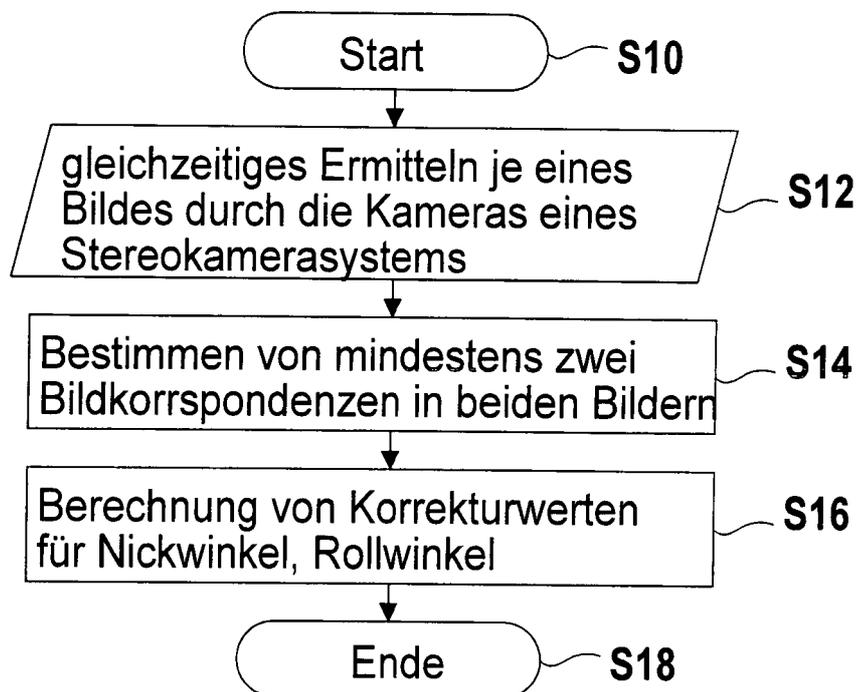


Fig. 10

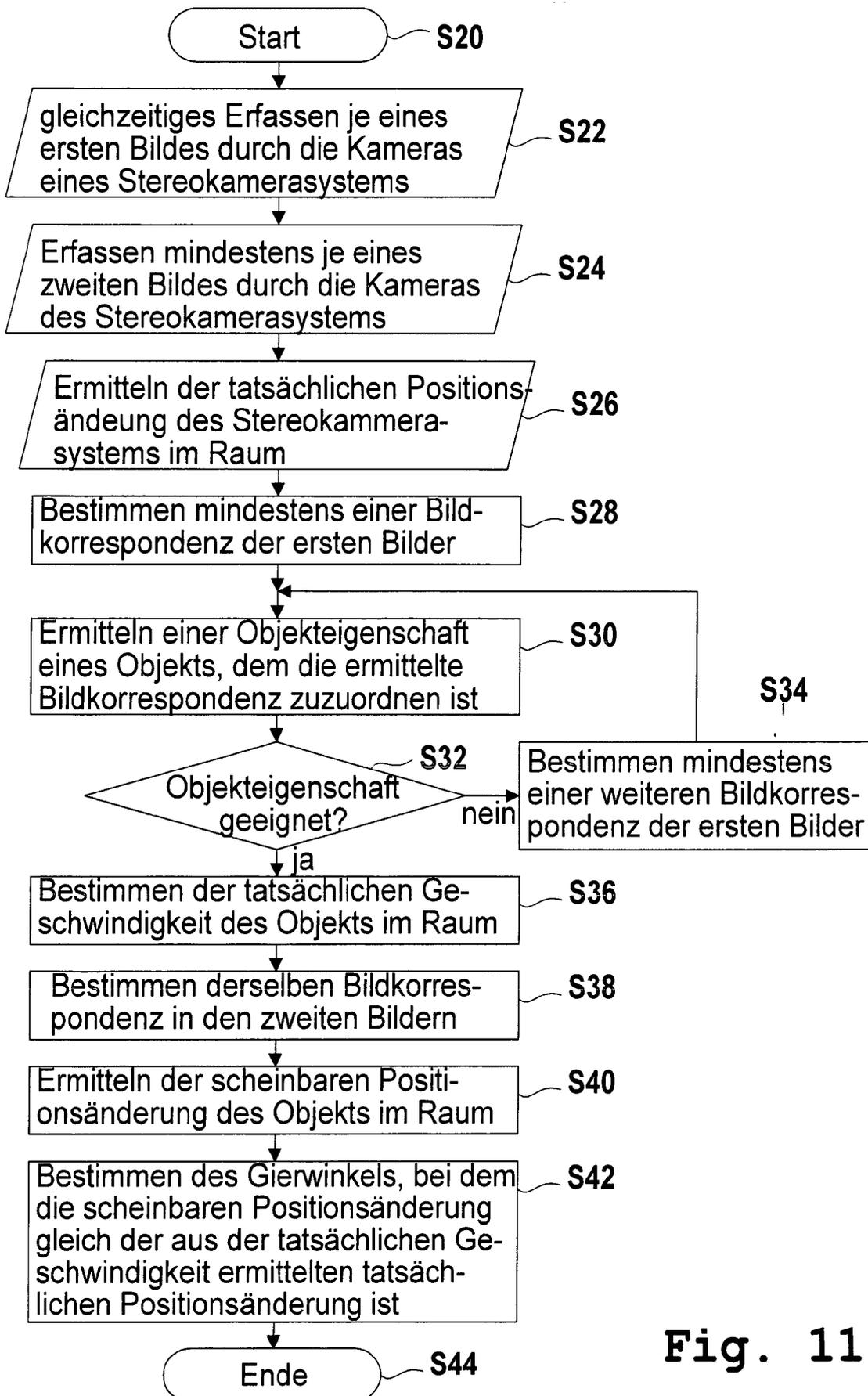


Fig. 11

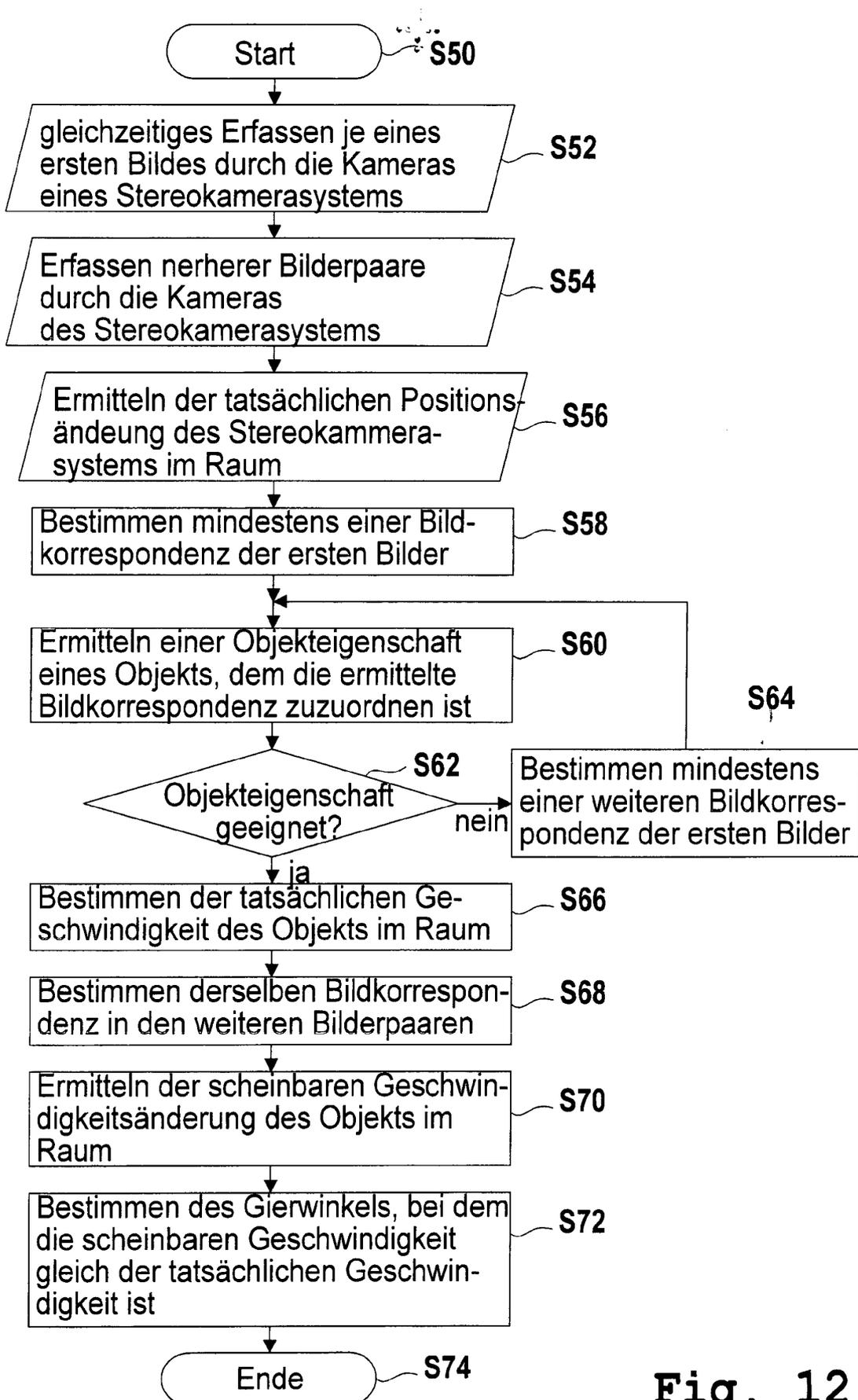


Fig. 12

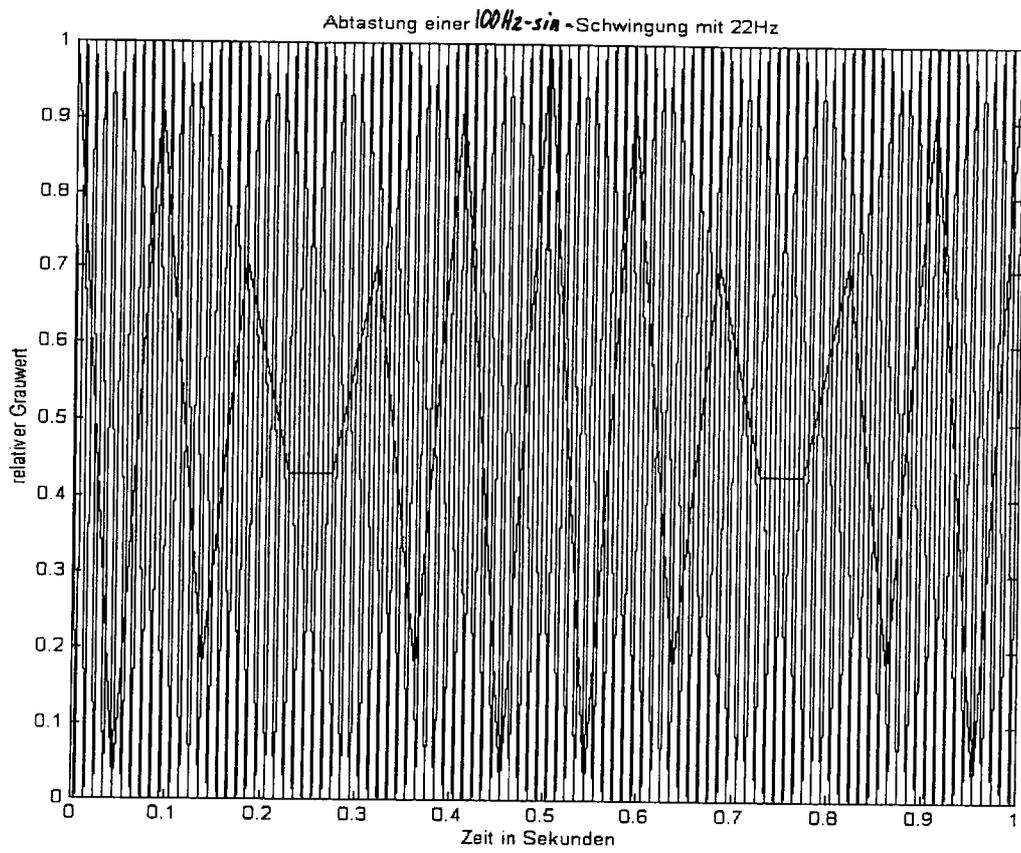


Fig. 13

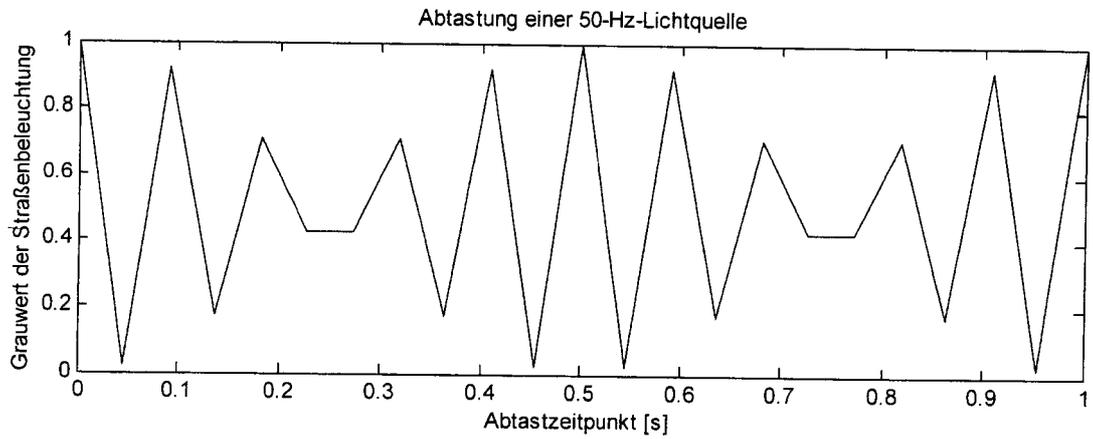


Fig. 14

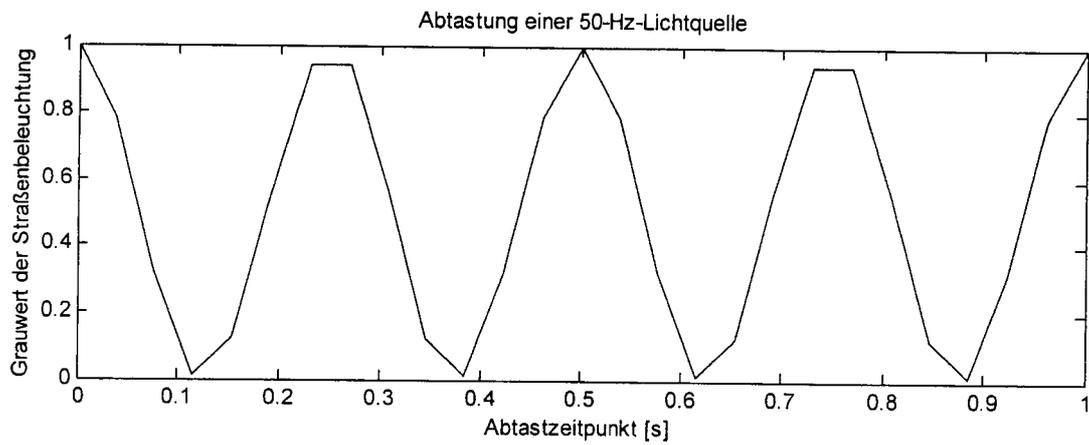


Fig. 15

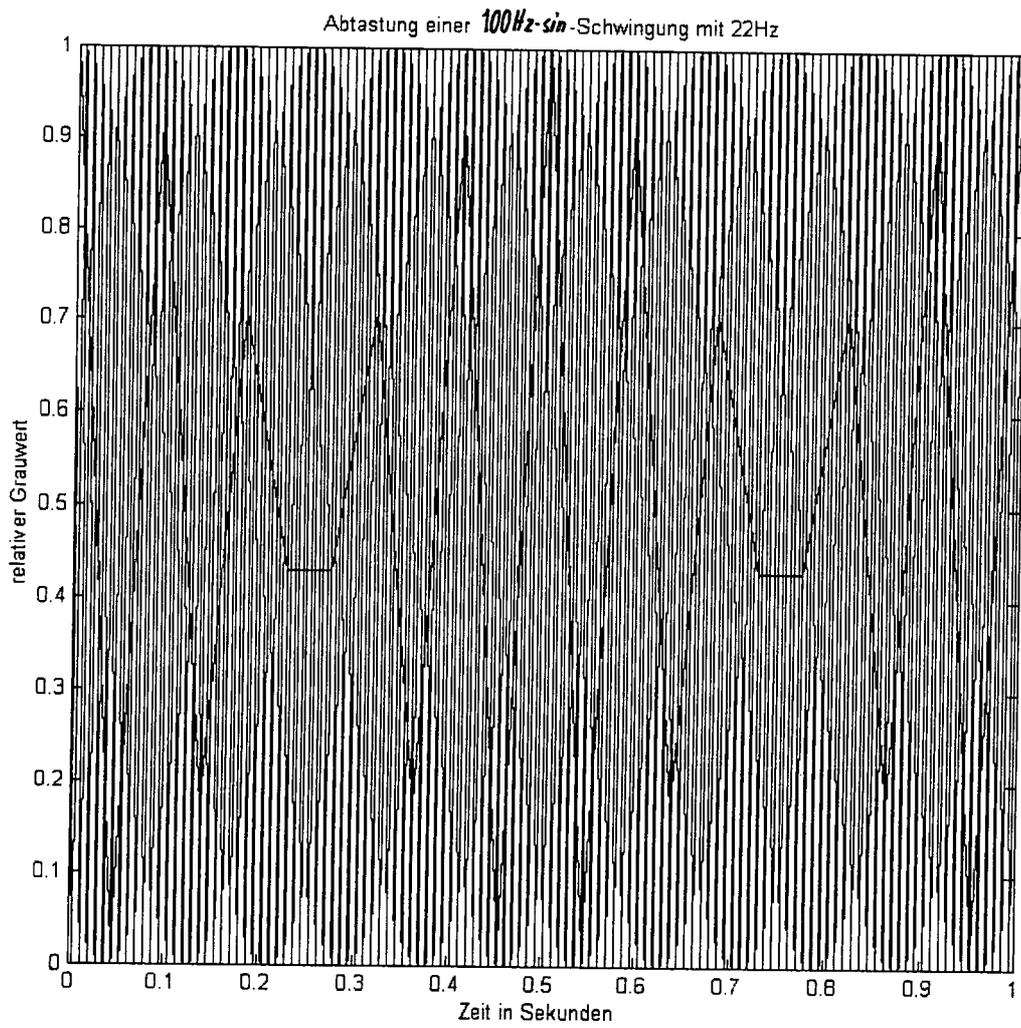


Fig. 16

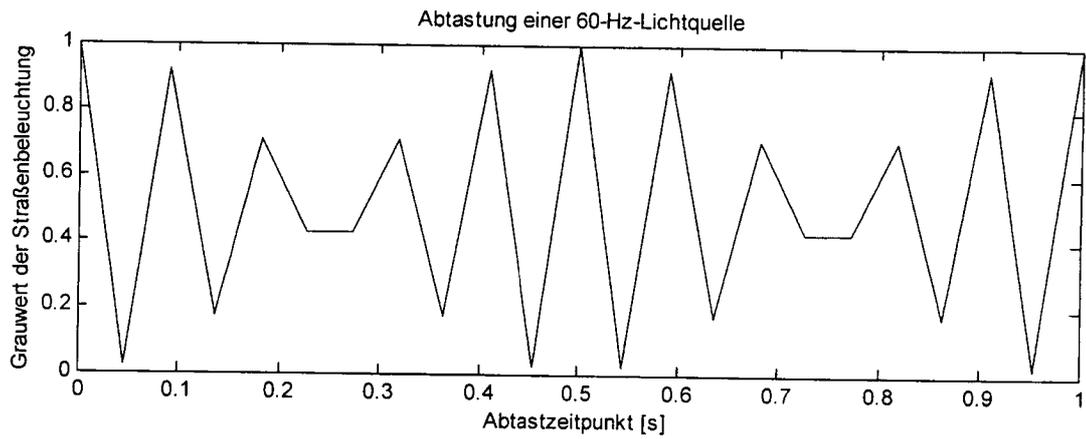


Fig. 17

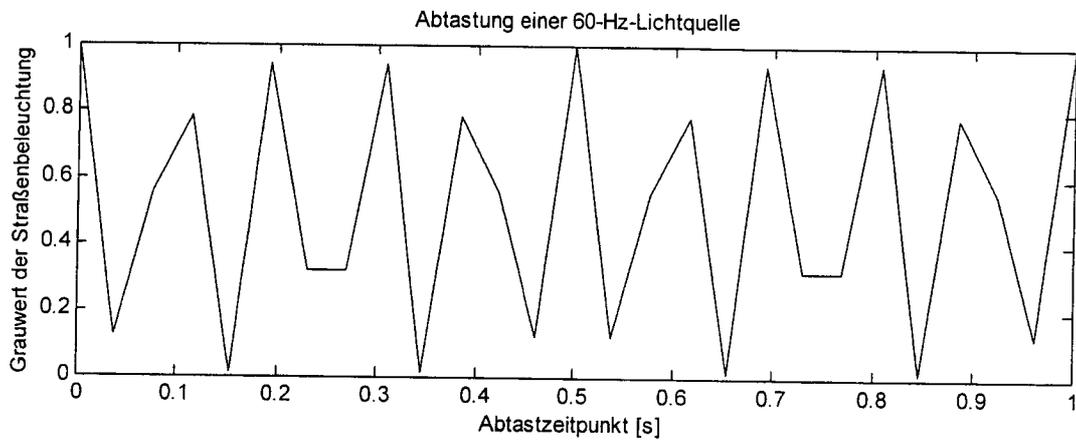


Fig. 18