



(11) **EP 3 431 361 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.01.2019 Patentblatt 2019/04

(51) Int Cl.:
B61L 23/04^(2006.01) B61L 27/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18186200.4**

(22) Anmeldetag: **10.11.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **10.11.2014 DE 102014222900**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
15797627.5 / 3 218 244

(71) Anmelder: **Bombardier Transportation GmbH 10785 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:
• **FISCHER, Michael 1210 Wien (AT)**
• **NEWSELY, Gerald 1090 Wien (AT)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Bressel und Partner mbB Potsdamer Platz 10 10785 Berlin (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 27-07-2018 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **BETRIEB EINES SCHIENENFAHRZEUGS MIT EINEM BILDERZEUGUNGSSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft ein Schienenfahrzeug (1) mit einem Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs (1), wobei

- das Bilderzeugungssystem vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) aufweist,
- jede der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann,
- eine erste (2) und eine zweite (3) der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem ersten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein erstes Stereo-Paar (2, 3) bilden, das einen

ersten gemeinsamen Teil (8a) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,

- eine dritte (4) und eine vierte (5) der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem zweiten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein zweites Stereo-Paar (4, 5) bilden, das einen zweiten gemeinsamen Teil (8b) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- der erste gemeinsame Teil (8a) des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) erfasst wird, in größerer Entfernung zu dem Schienenfahrzeug (1) beginnt als der zweite gemeinsame Teil (8b) des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wird.

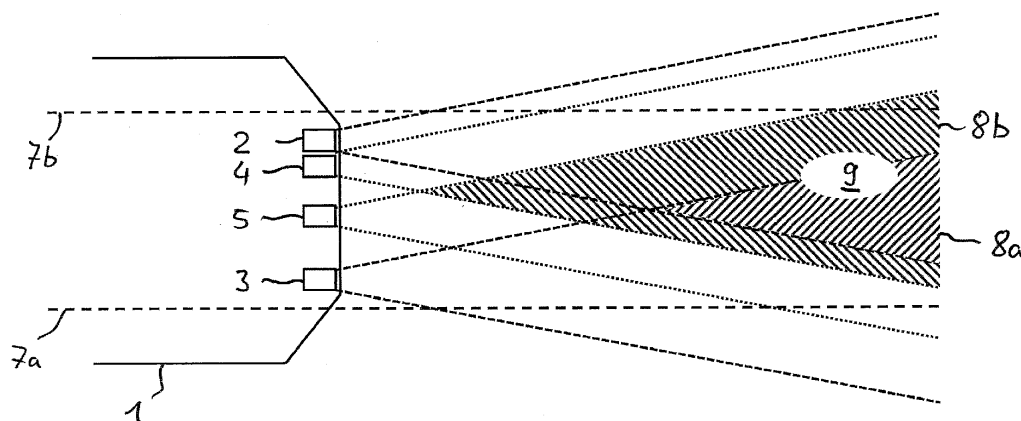


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schienenfahrzeug mit einem Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs. Die Erfindung betrifft ferner ein System zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs.

[0002] Es ist bekannt, Schienenfahrzeuge auf Fahrstrecken, die frei von sonstigem Verkehr sind, ohne Fahrer zu betreiben. Bezogen auf den Personenverkehr sind Schienenfahrzeuge für größere Fahrgastzahlen ausgelegt als die meisten Arten von Straßenkraftfahrzeugen. Beispiele für fahrerlose Schienenfahrzeuge sind sogenannte Personentransporter (englisch: people mover), die zwischen den verschiedenen Teilen von Flughäfen verkehren. Schienenfahrzeuge haben dabei den Vorteil, dass sie auf ihrer Fahrspur durch von außen einwirkende Kräfte geführt werden und die Fahrstrecke nicht verlassen können, wobei jedoch bei vielen Systemen die Möglichkeit besteht, an Weichen einen von mehreren möglichen Fahrwegen zu wählen. Aufgrund der Spurführung benötigen Schienenfahrzeuge nicht zwangsweise eine Lenkung wie bei Straßenkraftfahrzeugen. Schienenfahrzeuge sind daher gut für den autonomen, fahrerlosen Betrieb geeignet. Bei fahrerlosem Betrieb in Räumen, in denen auch Personen und/oder nicht spurgeführte Fahrzeuge verkehren, ist bei fahrerlosem Betrieb von Schienenfahrzeugen zu gewährleisten, dass andere Verkehrsteilnehmer nicht gefährdet werden, insbesondere wegen möglicher Kollisionen.

[0003] Wenn Schienenfahrzeuge von einem Fahrer gesteuert werden, können Fahrer-Assistenzsysteme eingesetzt werden, die den Fahrer bei seinen Entscheidungen, die er zur Steuerung des Fahrzeugs trifft, unterstützen. Z.B. sind Kollisions-Warnsysteme bekannt, die den Fahrer vor einer bevorstehenden, möglichen Kollision warnen. Eingesetzt werden können in solchen Systemen z.B. Radarsensoren, Ultraschallsensoren Laser-Triangulationssysteme und/oder Bilderzeugungseinrichtungen wie digitale Kameras, die zweidimensionale Bilder des Raums außerhalb des Schienenfahrzeugs erzeugen. Durch Bildauswertung kann die Tiefe eines möglichen Kollisionsobjektes, d.h. die Entfernung von der Bilderzeugungseinrichtung, festgestellt werden. Außer der Verwendung von Stereo-Systemen kommt hierzu auch der Vergleich von Bildobjekten in einzelnen Bildern mit bekannten Tiefenpositionen infrage, die z.B. bei Fahrwegen bestimmbar sind, entlang denen sich Objekte in konstanten Abständen oder bekannter Länge erstrecken.

[0004] Neben dem Vorteil, nicht unbedingt eine Lenkung zu benötigen, ist mit dem Betrieb von Schienenfahrzeugen aber auch der Nachteil verbunden, dass bei einer bevorstehenden Kollision kein Ausweichen möglich ist und auch bei rechtzeitigem Abbremsen das Hindernis nicht umfahren werden kann. Damit verbunden ist die Anforderung, dass das Schienenfahrzeug entsprechend seiner Hüllkurve, die durch die maximale Ausdeh-

nung des Fahrzeugquerschnitts bestimmt ist, immer einen ausreichenden Raum benötigt, der sich unverrückbar entlang der Fahrstrecke erstreckt. Die Hüllkurve ist auch durch statische Effekte, insbesondere kinematische Effekte, und auch durch dynamische Effekte, insbesondere elastische Verformungen (beispielsweise Federwege) des Fahrzeugs, bestimmt. Im Unterschied zu Lastkraftwagen und anderen Fahrzeugen, die frei lenkbar auf Straßen betrieben werden, haben Schienenfahrzeuge gemessen in Fahrtrichtung häufig größere Fahrzeuglängen, was sich auf den bei Kurvenfahrten benötigten Freiraum auswirkt und die Erfassung des für den Betrieb des Fahrzeugs relevanten Fahrzeug-Außenraumes erschwert. Auch können im Vergleich zu gummibereiften Straßenfahrzeugen bei Schienenfahrzeugen, die auf Fahrschienen aus Metall fahren, geringere Beschleunigungs- und Bremskräfte auf den Fahrweg übertragen werden.

[0005] Ein autonomer, fahrerloser Betrieb eines Schienenfahrzeugs stellt daher in Verkehrsräumen, die nicht frei von anderem Verkehr sind, besondere Anforderungen.

[0006] US 2014/218482 A1 beschreibt die Verwendung von weit voneinander getrennten und koordinierten Kameras, die es Zügen ermöglichen, Hindernisse zu erkennen und die Distanz zu ihnen zu berechnen. Dies wiederum ermöglicht eine schnelle Reaktion und ein frühzeitiges Bremsen, um Unfälle zu vermeiden.

[0007] DE 44 46 452 A1 beschreibt eine Fahrleitvorrichtung und ein Fahrleitverfahren für ein Fahrzeug, beinhaltend eine stereoskopische Bildverarbeitungseinrichtung für einen Gegenstand außerhalb des Fahrzeugs, der durch ein Abbildungssystem (10) abgebildet wird, das am Fahrzeug angebracht ist, mit einem Konstruktionsdetektorelement zur Detektion mehrerer verschiedener Konstruktionen und Gegenstände durch Verwenden dreidimensionaler Positionsdaten, die für jeden Bereich eines Objekts entsprechend der Distanzverteilungsdaten von der stereoskopischen Bildverarbeitungseinrichtung berechnet werden, ferner eine Zwischenraumdistanzberechnungseinrichtung zur jeweiligen Berechnung der nächsten Distanz als rechter und linker Zwischenraumdistanzen jeweils zwischen einer verlängerten Linie der linken oder rechten Seite des Fahrzeugs und jedem der Enden auf der Fahrzeugseite mehrerer verschiedener durch die Einrichtung detektierter Konstruktionen und eine Informationseinrichtung, die den Fahrer über auf diese Zwischenraumdistanzdaten bezogenen Daten informiert, um so eine Distanzverteilung des Gesamtbildes abhängig von Abweichungsbeurteilungen entsprechend dem Paar stereoskopischer Bilder gemäß einem Triangulationsprinzip zu gewinnen.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Schienenfahrzeug mit einem Bilderzeugungssystem und ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Schienenfahrzeugs anzugeben, die einen zuverlässigen autonomen Fahrbetrieb ermöglichen. Es ist eine weitere Auf-

gabe, den Fahrbetrieb möglichst auch dann fortsetzen zu können, wenn ein Hindernis die Fahrstrecke blockiert oder zu blockieren scheint. Hierzu soll ein System zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs und ein Verfahren zum Betreiben des Systems angegeben werden.

[0009] Gemäß den Patentansprüchen weist ein Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs vier Bilderzeugungseinrichtungen auf, wobei jede der vier Bilderzeugungseinrichtungen während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann. Eine erste und eine zweite der vier Bilderzeugungseinrichtungen sind in einem ersten Abstand zueinander angeordnet und bilden ein erstes Stereo-Paar, das einen ersten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst. Eine dritte und eine vierte der vier Bilderzeugungseinrichtungen sind in einem zweiten Abstand zueinander angeordnet und bilden ein zweites Stereo-Paar, das einen zweiten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst.

Dabei

[0010]

- beginnt der erste gemeinsame Teil des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar erfasst wird, in größerer Entfernung zu dem Schienenfahrzeug als der zweite gemeinsame Teil des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar erfasst wird,
- liegt der erste gemeinsame Teil des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar erfasst wird, überwiegend in größeren Entfernungen zu dem Schienenfahrzeug als der zweite gemeinsame Teil des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar erfasst wird, und/oder
- ist das erste Stereo-Paar zur Erfassung eines in größerer Entfernung von dem Schienenfahrzeug angeordneten Raumbereichs als das zweite Stereo-Paar ausgestaltet.

[0011] Im Vergleich zu der Verwendung eines einzigen Stereo-Paars kann die Genauigkeit bei der Erfassung des Raumes erhöht werden. Aufgrund der größeren Genauigkeit ist auch ein zuverlässiger autonomer Betrieb möglich.

[0012] Im Folgenden werden drei Maßnahmen angegeben, mit denen die Zuverlässigkeit beim autonomen, fahrerlosen Betrieb eines Schienenfahrzeugs, aber auch bei einem Betrieb mit Fahrer im Schienenfahrzeug erhöht wird. Diese Maßnahmen werden vorzugsweise alle drei in Kombination miteinander ausgeführt bzw. realisiert. Es ist jedoch auch möglich, die drei Maßnahmen einzeln zu realisieren oder eine beliebige Kombination von zwei der Maßnahmen. Insbesondere kann eine beliebige der Maßnahmen ausgeführt werden und können die beiden anderen Maßnahmen einzeln oder in Kombination mit-

einander als Weiterbildung der Maßnahme bezeichnet werden. Jede der Maßnahmen kann eine Vorrichtung oder ein System und zusätzlich ein Betriebsverfahren zum Betreiben der Vorrichtung oder des Systems enthalten.

[0013] Gemäß einer ersten Maßnahme weist ein Schienenfahrzeug ein Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs auf, wobei eine Mehrzahl von Bilderzeugungseinrichtungen vorgesehen ist, die ein erstes Stereo-Paar und ein zweites Stereo-Paar bilden. Die Bilderzeugungseinrichtungen jedes der Stereo-Paare erfassen einen gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln, wodurch eine Berechnung von Tiefeninformation ermöglicht wird. Eine solche Berechnung ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Vielmehr können die von dem jeweiligen Stereo-Paar erzeugten Bilder lediglich separat dargestellt werden, insbesondere so dargestellt werden, dass eine Person mit dem rechten Auge das Bild einer der Bilderzeugungseinrichtungen und mit dem linken Auge das Bild der anderen Bilderzeugungseinrichtung des Stereo-Paares wahrnimmt. Es entsteht somit derselbe oder ein ähnlicher räumlicher Eindruck, als wenn die Person den Raum unmittelbar mit den eigenen Augen betrachten würde.

[0014] Der Abstand der Bilderzeugungseinrichtungen des ersten Stereo-Paars ist insbesondere größer als der Abstand der Bilderzeugungseinrichtungen des zweiten Stereo-Paars. Es werden daher zumindest drei Bilderzeugungseinrichtungen benötigt. Es ist jedoch eine der Erfindung zugrundeliegende Erkenntnis, dass das Bilderzeugungssystem zuverlässiger verfügbar ist, wenn das Bilderzeugungssystem zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen aufweist, wobei jeweils zwei Bilderzeugungseinrichtungen ein Stereo-Paar bilden. Sollte nämlich bei lediglich drei vorhandenen Bilderzeugungseinrichtungen diejenige Einrichtung ausfallen oder nicht mangelfrei (d.h. störungsfrei) nutzbar sein, welche an beiden Stereo-Paaren beteiligt ist, wäre eine stereoskopische Bilderfassung nicht mehr möglich. Bei zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen führt dagegen der Ausfall einer Bilderzeugungseinrichtung nicht dazu, dass die Funktion beider Stereo-Paare gestört ist. Zumindest ein Stereo-Paar bleibt funktionstüchtig erhalten. Ferner können, wenn noch zumindest die Bilder von drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen störungsfrei nutzbar sind, zwei Stereo-Bildpaare gebildet werden. Die drei Bilderzeugungseinrichtungen bilden somit zwei Stereo-Paare von Einrichtungen und liefern zwei Stereo-Bildpaare. Zumindest ein Bild von einer der drei Bilderzeugungseinrichtungen wird daher für beide Stereo-Bildpaare verwendet. Die Angabe "zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen" schließt ausdrücklich den Fall mit ein, dass das Bilderzeugungssystem mehr als vier Bilderzeugungseinrichtungen hat. Dies gilt auch für alle im Folgenden beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung.

[0015] Im Folgenden wird unter einer ausgefallenen

Bilderzeugungseinrichtung verstanden, dass diese Bilderzeugungseinrichtung kein Bild erzeugt, dass diese Bilderzeugungseinrichtung kein für die Auswertung nutzbares Bild erzeugt und/oder dass eine Übertragung eines Bildes oder von Bildern dieser Bilderzeugungseinrichtung zu einer Auswertungseinrichtung nicht stattfindet. Unter einer gestörten Bilderzeugungseinrichtung wird verstanden, dass diese Bilderzeugungseinrichtung zumindest ein fehlerhaftes Bild erzeugt und/oder dass eine Übertragung eines Bildes oder von Bildern dieser Bilderzeugungseinrichtung zu der Auswertungseinrichtung fehlerhaft ist. Ursache für ein fehlerhaftes Bild kann z. B. auch ein Hindernis zwischen einem außerhalb des Fahrzeugs zu beobachtenden Objekt und der Bilderzeugungseinrichtung sein. Das fehlerhafte Bild erlaubt z. B. nicht, das Objekt zu erkennen, oder es bildet das Objekt nur unscharf ab. Beispielweise bewegt sich ein Scheibenwischer des Fahrzeugs entlang einer Frontscheibe und verursacht ein oder mehrere fehlerhafte Bilder einer Bildfolge der Bilderzeugungseinrichtung. Bevorzugt wird daher, dass nicht zwangsläufig sofort nach dem Erkennen eines gestörten Bildes entschieden wird, die Bilder der Bilderzeugungseinrichtung nicht mehr zu verwenden. Z.B. können ein oder mehrere fehlerhafte Bilder einer Bildfolge toleriert werden, wenn danach wieder zumindest ein fehlerfreies Bild in derselben Bildfolge erzeugt wird und/oder ein durch Auswertung der Bilder der Bildfolge verfolgtes Objekt wieder aus zumindest einem Bild der Bildfolge erkannt wird. Es kann z.B. situationsbedingt entschieden werden, ob die von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugten Bilder weiter verwendet werden können und daher auf die Bildung anderer Stereo-Paare verzichtet werden kann.

[0016] Insbesondere wird vorgeschlagen: Ein Schienenfahrzeug mit einem Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs, wobei

- das Bilderzeugungssystem vier Bilderzeugungseinrichtungen aufweist,
- jede der vier Bilderzeugungseinrichtungen während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann,
- eine erste und eine zweite der vier Bilderzeugungseinrichtungen in einem ersten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind und ein erstes Stereo-Paar bilden, das einen ersten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- eine dritte und eine vierte der vier Bilderzeugungseinrichtungen in einem zweiten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind und ein zweites Stereo-Paar bilden, das einen zweiten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- der erste Abstand größer ist als der zweite Abstand,
- der erste gemeinsame Teil des Raumes und der

zweite gemeinsame Teil des Raumes einen gemeinsamen Raumbereich haben,

- eine Auswertungseinrichtung des Bilderzeugungssystems, die mit den vier Bilderzeugungseinrichtungen verbunden ist, bei einem Betrieb des Bilderzeugungssystems Bilddaten von den vier Bilderzeugungseinrichtungen empfängt,

wobei es das Bilderzeugungssystem erkennt, wenn eine Auswertung von Bilddaten einer ausgefallenen und/oder gestörten Bilderzeugungseinrichtung der vier Bilderzeugungseinrichtungen während einer Betriebsphase des Bilderzeugungssystems nicht möglich oder fehlerhaft ist, wobei die ausgefallene und/oder gestörte Bilderzeugungseinrichtung eine beliebige der vier Bilderzeugungseinrichtungen sein kann, wobei die Auswertungseinrichtung während der Betriebsphase die Bilddaten, die die Auswertungseinrichtung von drei anderen der vier Bilderzeugungseinrichtungen empfängt, die nicht die ausgefallene und/oder gestörte Bilderzeugungseinrichtung sind, als Bilddaten verwendet, die ein erstes Stereo-Bildpaar und ein zweites Stereo-Bildpaar enthalten, wobei das erste Stereo-Bildpaar den Bilddaten von zwei der drei anderen Bilderzeugungseinrichtungen entspricht, die in einem dritten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind, und das zweite Stereo-Bildpaar den Bilddaten von zwei der drei anderen Bilderzeugungseinrichtungen entspricht, die in einem vierten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind, und wobei der dritte Abstand und der vierte Abstand unterschiedlich groß sind.

[0017] Ferner wird ein Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs vorgeschlagen, wobei

- ein Bilderzeugungssystem des Schienenfahrzeugs mit zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen einen Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs erfasst,
- jede der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann,
- eine erste und eine zweite der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen in einem ersten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind und ein erstes Stereo-Paar bilden, das einen ersten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- eine dritte und eine vierte der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen in einem zweiten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind und ein zweites Stereo-Paar bilden, das einen zweiten gemeinsamen Teil des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- der erste Abstand größer ist als der zweite Abstand,
- der erste gemeinsame Teil des Raumes und der zweite gemeinsame Teil des Raumes einen gemeinsamen Raumbereich haben,

- eine Auswertungseinrichtung des Bilderzeugungssystems, die mit den vier Bilderzeugungseinrichtungen verbunden ist, bei einem Betrieb des Bilderzeugungssystems Bilddaten von den vier Bilderzeugungseinrichtungen empfängt,

wobei es das Bilderzeugungssystem erkennt, wenn eine Auswertung von Bilddaten einer ausgefallenen und/oder gestörten Bilderzeugungseinrichtung der vier Bilderzeugungseinrichtungen während einer Betriebsphase des Bilderzeugungssystems nicht möglich oder fehlerhaft ist, wobei die ausgefallene und/oder gestörte Bilderzeugungseinrichtung eine beliebige der vier Bilderzeugungseinrichtungen sein kann,

wobei die Auswertungseinrichtung während der Betriebsphase die Bilddaten, die die Auswertungseinrichtung von drei anderen der vier Bilderzeugungseinrichtungen empfängt, die nicht die ausgefallene und/oder gestörte Bilderzeugungseinrichtung sind, als Bilddaten verwendet, die ein erstes Stereo-Bildpaar und ein zweites Stereo-Bildpaar enthalten, wobei das erste Stereo-Bildpaar den Bilddaten von zwei der drei anderen Bilderzeugungseinrichtungen entspricht, die in einem dritten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind, und das zweite Stereo-Bildpaar den Bilddaten von zwei der drei anderen Bilderzeugungseinrichtungen entspricht, die in einem vierten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug angeordnet sind, und wobei der dritte Abstand und der vierte Abstand unterschiedlich groß sind.

[0018] Selbstverständlich kann der dritte Abstand oder der vierte Abstand, je nachdem, welche Stereo-Paare vor dem Ausfall oder der Störung gebildet waren, mit dem ersten Abstand oder dem zweiten Abstand übereinstimmen.

[0019] Bei dem Schienenfahrzeug handelt es sich insbesondere um ein leichtes Schienenfahrzeug, zum Beispiel um eine Straßenbahn oder Stadtbahn.

[0020] Es soll nochmals klargestellt werden, dass auch bei dem ungestörten Betrieb des Bilderzeugungssystems, wenn vier Bilderzeugungseinrichtungen störungsfrei zur Verfügung stehen, zwei Möglichkeiten bestehen, das erste Stereo-Bildpaar und das zweite Stereo-Bildpaar zu erzeugen. Gemäß der ersten Möglichkeit liefern alle vier Bilderzeugungseinrichtungen Bilder, die für die Stereo-Bildpaare verwendet werden. Vorzugsweise kann das Bilderzeugungssystem so betrieben werden. Gemäß der zweiten Möglichkeit werden lediglich Bilder von drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen für die beiden Stereo-Bildpaare verwendet, das heißt zumindest ein Bild einer der drei Bilderzeugungseinrichtungen wird für beide Stereo-Bildpaare verwendet. In der oben verwendeten Terminologie ist dann die erste Bilderzeugungseinrichtung auch die dritte oder vierte Bilderzeugungseinrichtung oder die zweite Bilderzeugungseinrichtung auch die dritte oder vierte Bilderzeugungseinrichtung.

[0021] Zum Beispiel kann die Auswertungseinrichtung

und/oder eine andere Einrichtung des Bilderzeugungssystems erkennen, dass eine Auswertung von Bilddaten der ausgefallenen und/oder gestörten Bilderzeugungseinrichtung nicht möglich oder fehlerhaft ist. Eine solche andere Einrichtung kann zum Beispiel eine Einrichtung sein, die von den Bilderzeugungseinrichtungen erzeugte Bilder lediglich zu dem Zweck verarbeitet, den Ausfall und/oder die Störung einer Bilderzeugungseinrichtung zu erkennen. Die zusätzliche Einrichtung gibt in diesem Fall ein Signal an die Auswertungseinrichtung aus, zum Beispiel ein Signal, das die Information über die ausgefallene und/oder gestörte Bilderzeugungseinrichtung eindeutig enthält. Zur Erkennung des Ausfalls und/oder der Störung kann zumindest ein Bild insbesondere auf Plausibilität seines Bildinhaltes überprüft werden. Vorzugsweise erzeugen die Bilderzeugungseinrichtungen fortlaufend im Laufe der Zeit Bilder und wird die entsprechende Folge von Bildern auch zum Zweck der Erkennung des Ausfalls und/oder der Störung ausgewertet. Dabei kann in einem Bild der Bildfolge zumindest ein Objekt (zum Beispiel ein anderes Fahrzeug oder eine Person) erkannt werden. Bei der Auswertung wird versucht, dieses Objekt auch in folgenden Bildern derselben Bildfolge zu erkennen. Wenn das Objekt in zumindest einem der folgenden Bilder in nicht plausibler Weise verschwunden ist und/oder sich in nicht plausibler Weise bewegt hat, kann entschieden werden, dass die Bilderzeugungseinrichtung gestört ist oder zumindest die Übertragung oder Auswertung von Bildern dieser Bilderzeugungseinrichtung gestört ist. Bei einem Ausfall einer Bilderzeugungseinrichtung kann dies in der Regel auf einfache Weise dadurch festgestellt werden, dass von der Auswertungseinrichtung und/oder der anderen Einrichtung kein einem Bild entsprechendes Bildsignal empfangen wird oder dass das empfangene Bildsignal eine für einen Ausfall charakteristische Eigenschaft hat, zum Beispiel die Verteilung der Bildwerte einem weißen Rauschen entspricht oder zu viele Bildwerte gleich groß sind.

[0022] Da bei einem Ausfall oder einer Störung einer der Bilderzeugungseinrichtungen immer noch drei Bilderzeugungseinrichtungen zur Verfügung stehen und auch für die Auswertung von zwei Stereo-Bildpaaren bereitgestellt werden, ist die Zuverlässigkeit bei der Erfassung des Raumbereichs erhöht. Dabei ist es jedenfalls bei einer Anordnung der drei Bilderzeugungseinrichtungen, die nicht an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet sind, immer möglich, zwei Stereo-Paare der Bilderzeugungseinrichtungen zu definieren, bei denen die Bilderzeugungseinrichtungen der einzelnen Stereo-Paare unterschiedliche Abstände haben. Dies ist insbesondere bei der im Folgenden beschriebenen Ausgestaltung mit nebeneinander angeordneten Bilderzeugungseinrichtungen der Fall. Da zwei solche Stereo-Paare mit unterschiedlichen Abständen bei Ausfall und/oder Störung einer beliebigen der vier Bilderzeugungseinrichtungen gebildet werden sollen und bei der Auswertung der Bilder auch die entsprechenden Stereo-Bildpaare gebildet werden, gilt allgemein formuliert, dass keine beliebige

Gruppe von drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen wie die Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet sind.

[0023] Insbesondere können zumindest drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen nebeneinander angeordnet sein, so dass alle Abstände zwischen den zumindest drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen hintereinanderliegend in einer gemeinsamen Ebene definiert sind. Hierdurch wird gewährleistet, dass aus den Bilderzeugungseinrichtungen gebildete Stereo-Paare unterschiedliche Abstände zwischen den Bilderzeugungseinrichtungen des jeweiligen Paares haben. Jedes der Stereo-Paare kann daher für die Erfassung des gemeinsamen Raumbereichs, jedoch bei unterschiedlichen Tiefenschärfen ausgestaltet sein.

[0024] Generell bevorzugt wird, nicht nur bei den nebeneinander angeordneten Bilderzeugungseinrichtungen, dass die optischen Einrichtungen der Bilderzeugungseinrichtungen in einer Betriebsphase der Bilderzeugungseinrichtung jeweils eine konstante Brennweite haben. Eine Bilderfassung mit konstanten Brennweiten ist besonders zuverlässig und schnell. Das Problem, bei Vorhandensein von mehreren interessierenden Objekten in dem erfassten Raumbereich entscheiden zu müssen, auf welches der Objekte das Bild scharf gestellt wird, wird vermieden. Auch kann die Zeit für das Scharfstellen (das heißt das Einstellen der Brennweite) gespart werden und können mehr Bilder pro Zeitintervall in einer Bildfolge erzeugt werden. Dies schließt jedoch nicht aus, dass beim Übergang von einer ersten Betriebsphase in eine zweite Betriebsphase, zum Beispiel weil ein Ausfall und/oder eine Störung einer der Bilderzeugungseinrichtungen erkannt worden ist, die Brennweite der optischen Einrichtung zumindest einer der Bilderzeugungseinrichtungen verändert wird. Eine solche Änderung wird sogar bevorzugt, um das Bilderzeugungssystem in der zweiten Betriebsphase zu optimieren. Insbesondere kann diejenige Bilderzeugungseinrichtung, die Bilder für beide Stereo-Bildpaare liefert, auf eine kürzere Brennweite als zuvor eingestellt werden. Dem liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass eine Erfassung von Objekten (insbesondere eine Erfassung des Umrisses des jeweiligen jeweiligen Objekts) in einer Entfernung, die deutlich größer als die Brennweite ist, gut möglich ist, wohingegen eine Erfassung von Objekten in einer Entfernung, die deutlich kleiner als die Brennweite ist, nicht möglich ist oder zu erheblichen Fehlern bei der Auswertung führt.

[0025] Vorzugsweise sind die erste und zweite Bilderzeugungseinrichtung und/oder die dritte und vierte Bilderzeugungseinrichtung in horizontaler Richtung voneinander beabstandet und sind der erste Abstand und der zweite Abstand auf die horizontale Richtung bezogen.

Dies schließt nicht aus (wenn auch nicht bevorzugt), dass die beiden Bilderzeugungseinrichtungen desselben Stereo-Paares (also die erste und zweite Bilderzeugungseinrichtung oder die dritte und vierte Bilderzeugungseinrichtung) auf unterschiedlicher Höhe in oder an dem Schie-

nenfahrzeug angeordnet sind, wobei eine Anordnung auf gleicher Höhe bevorzugt wird und/oder in Fahrzeuggängsrichtung an unterschiedlichen Längspositionen angeordnet sind, wobei eine Anordnung an gleicher Längsposition bevorzugt wird. Insbesondere ist es aber auch möglich, dass die erste und dritte Bilderzeugungseinrichtung übereinander an derselben horizontalen Position angeordnet sind oder unmittelbar, bei Berücksichtigung ihrer Bauform, geringstmöglichem horizontalem Abstand zueinander nebeneinander in horizontaler Richtung angeordnet sind. In diesen beiden Fällen sind z.B. Die von dem ersten Stereo-Paar und dem zweiten Stereo-Paar aufgenommen stereoskopischen Bildpaare auf besonders einfache Weise gemeinsam auswertbar, weil der von dem ersten Stereo-Paar erfasste erste gemeinsame Teil des Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs und der von dem zweiten Stereo-Paar erfasste zweite gemeinsame Teil des Raumes jeweils einen durch die erste und dritte Bilderzeugungseinrichtung definierten Bezugspunkt haben, wobei die beiden Bezugspunkte zumindest annähernd dieselbe Horizontalposition bzw. bei Anordnung in horizontaler Richtung nebeneinander den geringstmöglichen horizontalen Abstand voneinander haben.

[0026] Insbesondere kann für jede der vier Bilderzeugungseinrichtungen gelten, dass die Abstände zu jeder anderen der vier Bilderzeugungseinrichtungen unterschiedlich groß sind. Daher können bei Ausfall oder Störung einer beliebigen der vier Bilderzeugungseinrichtungen immer günstige Stereo-Paare der Bilderzeugungseinrichtungen gebildet werden, deren Stereo-Bildpaare gut für die Erfassung des gemeinsamen Raumbereichs bei unterschiedlichen Erfassungstiefen geeignet sind. Dies bedeutet, dass zum Beispiel das erste Stereo-Bildpaar den gemeinsamen Raumbereich gut in größeren Entfernungen zum Fahrzeug erfasst und das zweite Stereo-Bildpaar den gemeinsamen Raumbereich gut in kleineren Entfernungen zum Fahrzeug erfasst.

[0027] Insbesondere kann Information über die Tiefe von Bildobjekten, die in den Bildern eines Stereo-Bildpaars erfasst sind/werden, gemäß dem Prinzip der Triangulation berechnet werden. Aufgrund des Abstandes der Bilderzeugungseinrichtungen desselben Stereo-Paares, das das Stereo-Bildpaar aufnimmt bzw. aufgenommen hat, und aufgrund der Tatsache, dass die Bilderzeugungseinrichtungen dasselbe Bildobjekt bzw. denselben Teil des Bildobjekts aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten, ergibt sich ein Dreieck in dem erfassten Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs. Es werden dabei beispielsweise Korrespondenzen von Bildpunkten in den beiden Bildern desselben Stereo-Bildpaars gebildet. Ausgestaltungen stereoskopischer Verfahren zur Gewinnung von Tiefeninformation sind an sich bekannt und werden daher hier nicht näher beschrieben. Insbesondere ist es daher möglich und wird vorzugsweise auch bei Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung so durchgeführt, dass für eine Mehrzahl von Bildobjekten, die durch die Stereo-Bildpaare erfasst wurden, Tie-

fenpositionen berechnet werden. Insbesondere wird dabei die Tiefenposition auf einen Referenzpunkt des Stereo-Paares bezogen, der z.B. in der Mitte zwischen den beiden Bilderzeugungseinrichtungen des Stereo-Paares liegt.

[0028] Vorzugsweise ist das erste Stereo-Paar ausgestaltet und/oder wird dazu verwendet, Bildobjekte und optional deren Tiefenpositionen zu erfassen, die eine größere Tiefe als Bildobjekte haben, die von dem zweiten Stereo-Paar erfasst werden/wurden. Das erste Stereo-Paar eignet sich besser zur Erfassung von Objekten mit größeren Tiefen, da der Abstand der Bilderzeugungseinrichtungen des ersten Stereo-Paares größer ist als der Abstand der Bilderzeugungseinrichtungen des zweiten Stereo-Paares. Insbesondere kann das Bilderzeugungssystem dadurch entsprechend ausgestaltet werden, dass die Mittelpunkte der von dem ersten Stereo-Paar erfassten Bilder an einer größeren Tiefenposition in einem gemeinsamen Raumpunkt zusammenfallen als bei dem zweiten Stereo-Paar. Anders ausgedrückt liegt der erste gemeinsame Teil des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar erfasst wird, überwiegend bei größeren Tiefenpositionen als der zweite gemeinsame Teil des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar erfasst wird. Erreicht wird dies beispielsweise bereits dadurch, dass der Abstand der Bilderzeugungseinrichtungen des ersten Stereo-Paares größer ist als der des zweiten Stereo-Paares und optional der Blickwinkelunterschied des ersten Stereo-Paares bezogen auf die Bildmitten gleich groß wie der Blickwinkelunterschied des zweiten Stereo-Paares bezogen auf die Bildmitten ist. Der Blickwinkelunterschied ist die Abweichung des Blickwinkels von dem Blickwinkel der anderen Bilderzeugungseinrichtung desselben Stereo-Paares. Erreicht wird die unterschiedliche Tiefenausrichtung aber auch mit von diesen gleichgroßen Blickwinkelunterschieden abweichenden Ausgestaltungen. Z.B. kann der Blickwinkelunterschied des ersten Stereo-Paares kleiner sein als des zweiten Stereo-Paares. Alternativ oder zusätzlich kann der Öffnungswinkel der von den Bilderzeugungseinrichtungen des ersten Stereo-Paares erfassten Raumbereiche kleiner sein als bei dem zweiten Stereo-Paar.

[0029] Es wird bevorzugt, dass die ersten Stereo-Bildpaare, d.h. die von den Bilderzeugungseinrichtungen des ersten Stereo-Paares erzeugten Bilder, und die zweiten Stereo-Bildpaare, d.h. die von den Bilderzeugungseinrichtungen des zweiten Stereo-Paares erzeugten Bilder, zunächst unabhängig voneinander (jedoch insbesondere in derselben Recheneinheit) ausgewertet werden und auf diese Weise Tiefeninformation gewonnen wird. Z.B. besteht die Tiefeninformation in der Tiefenposition zumindest eines Objekts außerhalb des Fahrzeugs. Ferner wird bevorzugt, dass die aus dem ersten Stereo-Bildpaaren gewonnene Tiefeninformation mit der aus den zweiten Stereo-Bildpaaren gewonnenen Tiefeninformation verglichen wird. Z.B. werden Tiefenpositionen verglichen, die sowohl durch Auswertung des ersten Stereo-Bildpaars als auch des zweiten Stereo-Bildpaars

für dasselbe Objekt bestimmt wurden. Bei dem Objekt kann es sich insbesondere um einen Verkehrsteilnehmer handeln, etwa ein Straßenkraftfahrzeug oder einen Fußgänger. Ferner bevorzugt wird, dass sowohl aus einer zeitlichen Folge von nacheinander aufgenommenen ersten Stereo-Bildpaaren als auch aus einer Folge von nacheinander aufgenommenen zweiten Stereo-Bildpaaren Informationen über eine Bewegung eines von dem ersten Stereo-Paar und dem zweiten Stereo-Paar erfassten Objekt ermittelt wird, z.B. durch wiederholte Bestimmung der Tiefenposition des Objekts und vorzugsweise durch zusätzliche Bestimmung der Position quer zur Tiefenrichtung. Ergebnis einer solchen Bestimmung der Bewegung des Objekts kann z.B. eine bevorstehende Kollision mit dem Schienenfahrzeug sein. Ein anderes Ergebnis kann sein, dass das Objekt nicht mit dem Schienenfahrzeug kollidiert. Zur Feststellung des Ergebnisses kann insbesondere die aus der jeweiligen Folge von Stereo-Bildpaaren ermittelte Bewegung beispielsweise in die Zukunft extrapoliert werden.

[0030] Insbesondere kann durch den Vergleich der Ergebnisse der Auswertung des ersten Stereo-Bildpaars und der Auswertung des zweiten Stereo-Bildpaars ermittelt werden, ob die Ergebnisse übereinstimmen oder zumindest innerhalb (insbesondere vorgegebener) Toleranzgrenzen übereinstimmen. Z.B. ist für die Abweichung der aus den ersten und zweiten Stereo-Bildpaaren ermittelten Tiefenposition eines Objekts eine Toleranz in der Tiefenrichtung vorgegeben, um die die aus den ersten und zweiten Stereo-Bildpaaren ermittelten Tiefenpositionen desselben Objekts voneinander abweichen dürfen. Damit werden z.B. Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Tiefenpositionen berücksichtigt. Weichen die Tiefenpositionen um mehr als die vorgegebene Toleranz voneinander ab, d.h. befindet sich die Tiefenposition aus einem der Stereo-Bildpaare außerhalb des Toleranzbereichs der Tiefenposition aus dem anderen Stereo-Bildpaar, wird entschieden, dass die Ergebnisse nicht miteinander übereinstimmen. Dies kann insbesondere als ein Hinweis auf einen Fehler bei der Bilderfassung und/oder Bildauswertung eines der beiden Stereo-Bildpaare aufgefasst werden. Bei der Bestimmung von Bewegungen aus Folgen der Stereo-Bildpaare kann entsprechend vorgegangen werden und z.B. eine Toleranz für die Position eines Objekts in dem erfassten Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs vorgegeben werden. Die Position ist insbesondere durch die Tiefenposition und zuzüglich durch zwei Positionswerte quer zueinander und quer zur Tiefenrichtung bestimmt. Ein Vergleich wird möglich, da der erste gemeinsame Teil des Raumes, den das erste Stereo-Paar erfasst, und der zweite gemeinsame Teil des Raumes, den das zweite Stereo-Paar erfasst, einen gemeinsamen Raumbereich haben. Anders ausgedrückt überlappen sich der erste und zweite gemeinsame Teil des Raumes oder sie sind in einem Sonderfall identisch.

[0031] Insbesondere sind die vier Bilderzeugungseinrichtungen derart in einem Frontbereich des Schienen-

fahrzeugs angeordnet, dass der gemeinsame Raumbereich während der Fahrt des Schienenfahrzeugs in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug liegt. Dies schließt auch Fälle mit ein, in denen der gemeinsame Raumbereich neben der Fahrstrecke liegt, die das Schienenfahrzeug noch zu befahren hat. Insbesondere für die Vorhersage, ob andere Verkehrsteilnehmer oder Objekte mit dem Schienenfahrzeug kollidieren können, sind diese Raumbereiche neben der Fahrstrecke von Interesse.

[0032] Aufgrund des gemeinsamen Raumbereichs erfassen das erste Stereo-Paar und das zweite Stereo-Paar insgesamt nicht einen möglichst großen Teil des Außenraums des Schienenfahrzeugs. Vielmehr ist es ein Vorteil des gemeinsamen Raumbereichs, dass die erwähnten Vergleiche möglich sind. Auch ist bei vollständigem Ausfall eines der Stereo-Paare, d.h. wenn zwei der vier Bilderzeugungseinrichtungen ausgefallen sind oder gestört sind und entweder erste oder zweite Stereo-Bildpaare nicht zur Verfügung stehen, ein fortgesetzter Betrieb des Schienenfahrzeugs unter Verwendung der Stereo-Bildpaare des noch funktionsfähigen Stereo-Paars möglich. In diesem Fall kann das Schienenfahrzeug insbesondere in einer Betriebsart betrieben werden, in der der Betrieb und insbesondere der Fahrbetrieb Einschränkungen unterliegt. Aber auch, wenn zwar noch zwei Stereo-Bildpaare zur Verfügung stehen, jedoch das Verhältnis der Abstände der Bilderzeugungseinrichtungen der zugehörigen Stereo-Paare ungünstig ist, können solche Einschränkungen gelten. Zum Beispiel kann in dieser Betriebsart die maximale Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs gegenüber der Betriebsart mit zwei funktionsfähigen Stereo-Paaren geringer sein. Der gemeinsame Raumbereich wird daher insbesondere so gewählt, d.h. die Bilderzeugungseinrichtungen so ausgestaltet und/oder ausgerichtet, dass die für den Betrieb des Schienenfahrzeugs oder eines Fahrer-Assistenzsystems erforderlichen Teile des Außenraumes in dem gemeinsamen Raumbereich liegen. In dem im Folgenden beschriebenen Fall ist dies z.B. der Teil des Außenraumes, der in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug liegt, mit Ausnahme eines kurzen, z.B. einige 10 cm tiefen Raumteils, der unmittelbar an der Front des Schienenfahrzeugs beginnt. Aufgrund des Abstandes der Bilderzeugungseinrichtungen voneinander wird dieser kurze Raumteil nicht erfasst, wenn wie bevorzugt die Bilderzeugungseinrichtungen unmittelbar an der Front des Schienenfahrzeugs innen oder außen angeordnet sind. "Innen" oder "außen" bedeutet in diesem Fall, dass die Eintrittsfläche der jeweiligen Bilderzeugungseinrichtung, durch die hindurch die Strahlung eintritt, mittels der die Bilderzeugungseinrichtung den Außenraum erfasst, innerhalb oder außerhalb der Hüllfläche des Schienenfahrzeugs ohne Bilderzeugungseinrichtung liegt. Eine Lage der Fläche exakt auf der Hüllfläche wird als innenliegend aufgefasst.

[0033] Bei den Bildfassungseinrichtungen handelt es sich vorzugsweise um Digitalkameras, die insbesondere Folgen von digitalen Bildern erzeugen. Möglich sind

aber auch scannende Aufnahmeverfahren, bei denen die Bildelemente jedes der zweidimensionalen Bilder in schneller Folge nacheinander erfasst werden, um auf diese Weise die Gesamtinformation des Bildes zu erhalten. Ferner ist es optional möglich, den zu erfassenden Raum zu bestrahlen und die zur Bilderzeugungseinrichtung zurückreflektierte Strahlung zu erfassen. Außerdem ist die erfasste Strahlung nicht auf für den Menschen sichtbare Strahlung beschränkt. Vielmehr kann alternativ oder zusätzlich auch Strahlung in anderen Wellenlängenbereich erfasst werden. Auch die Erfassung von Schallwellen ist möglich. Bevorzugt wird jedoch, dass zumindest auch sichtbare Strahlung von den Bilderzeugungseinrichtungen erfasst wird.

[0034] Die Erfassung des Raumes oder eines Teils des Raumes in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug unter Verwendung des Bilderzeugungssystems kann durch ein Fahrer-Assistenzsystem insbesondere an Bord des Schienenfahrzeugs realisiert werden. Im Fall eines fahrerlosen Schienenfahrzeugs ermöglicht die Erfassung, wie unten zu der dritten Maßnahme noch näher ausgeführt wird, eine Fern-Überwachung und/oder Fernsteuerung des Schienenfahrzeugs.

[0035] Die zweite Maßnahme, die im Folgenden zur Erhöhung der Zuverlässigkeit bei der Nutzung eines Bilderzeugungssystems vorgeschlagen wird, betrifft die Verarbeitung und/oder Übertragung der von den Bilderzeugungseinrichtungen erzeugten Bildinformation. Wie erwähnt, ist diese zweite Maßnahme auch anwendbar, wenn nicht vier Bilderzeugungseinrichtungen vorhanden sind oder betrieben werden, von denen jeweils zwei ein Stereo-Paar bilden. Der zweiten Maßnahme liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schienenfahrzeug und/oder ein Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs anzugeben, wobei die Zuverlässigkeit der Nutzung eines Bilderzeugungssystems insbesondere für den autonomen, fahrerlosen Betrieb erhöht ist. Die zweite Maßnahme kann jedoch auch angewendet werden, wenn lediglich zumindest ein Fahrer-Assistenzsystem das Bilderzeugungssystem nutzt.

[0036] Ein Grundgedanke der zweiten Maßnahme besteht darin, dass die von dem Bilderzeugungssystem erzeugte Bildinformation unter Verwendung redundant vorhandener Einrichtungen verarbeitet und/oder übertragen wird.

[0037] Insbesondere wird vorgeschlagen, dass das Bilderzeugungssystem eine erste Rechneinheit und eine zweite Rechneinheit aufweist, die jeweils über Bildsignalverbindungen mit jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen verbunden sind, wobei die erste Rechneinheit und die zweite Rechneinheit ausgestaltet sind, während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems unabhängig voneinander aus über die Bildsignalverbindungen empfangenen Bildsignalen Tiefeninformation über eine Tiefe von Bildobjekten zu berechnen, die mit den zweidimensionalen Bildern von dem ersten Stereo-Paar und/oder dem zweiten Stereo-Paar erfasst wurden, wobei die Tiefe sich in einer Richtung quer zu einer Bil-

debene der zweidimensionalen Bilder erstreckt.

[0038] Dem entspricht eine Ausgestaltung des Betriebsverfahrens, bei der die erste bis vierte Bilderzeugungseinrichtung über Bildsignalverbindungen Bildsignale sowohl zu einer ersten Rechneinheit des Schienenfahrzeugs als auch zu einer zweiten Rechneinheit des Schienenfahrzeugs übertragen und die erste Rechneinheit und die zweite Rechneinheit unabhängig voneinander aus den Bildsignalen Tiefeninformation über eine Tiefe von Bildobjekten berechnen, die mit den zweidimensionalen Bildern von dem ersten Stereo-Paar und/oder dem zweiten Stereo-Paar erfasst wurden, wobei die Tiefe sich in einer Richtung quer zu einer Bildebene der zweidimensionalen Bilder erstreckt. Wenn wegen des Ausfalls oder der Störung einer der Bilderzeugungseinrichtungen lediglich drei der vier Bilderzeugungseinrichtungen Bilder erzeugen und liefern, werden die Bildsignale dieser drei Bilderzeugungseinrichtungen sowohl zu der ersten Rechneinheit als auch zu der zweiten Rechneinheit übertragen.

[0039] Verallgemeinert, auf ein Bilderzeugungssystem, das zumindest eine Bilderzeugungseinrichtung aufweist, ist/sind die Bilderzeugungseinrichtung(en) über Bildsignalverbindungen mit sowohl einer ersten Rechneinheit des Schienenfahrzeugs als auch einer zweiten Rechneinheit des Schienenfahrzeugs verbunden und übertragen während des Betriebes Bildsignale sowohl zu der ersten als auch der zweiten Rechneinheit. Die beiden Rechneinheiten verarbeiten die so erhaltene Bildinformation unabhängig voneinander. Hierdurch wird bei Ausfall einer Signalverbindung oder einer der Rechneinheiten ein fortgesetzter Betrieb unter Verwendung der Ergebnisse der Bildverarbeitung möglich. Im Fall eines Bilderzeugungssystems mit wenigstens einem Stereo-Paar kann daher trotz des Ausfalls Tiefeninformation gewonnen und genutzt werden. Für einen fahrerlosen Betrieb des Schienenfahrzeugs ist dies von Bedeutung.

[0040] Die erste und zweite Rechneinheit können in einem gemeinsamen Gehäuse oder in einer Entfernung zueinander in dem Schienenfahrzeug angeordnet sein. Von Vorteil ist in jedem Fall, dass die Rechneinheiten unabhängig voneinander dieselbe Bildinformation auswerten.

[0041] Vorzugsweise wird während des Betriebes der beiden Rechneinheiten ein Vergleich der Ergebnisse der durch die beiden Rechneinheiten erhaltenen verarbeiteten Bildinformation durchgeführt. Bei Abweichungen kann entschieden werden, dass die Funktion zumindest einer der Rechneinheiten oder die von den Rechneinheiten erhaltene Bildinformation gestört ist/sind. Die Rechneinheiten können alternativ oder zusätzlich dazu genutzt werden, die jeweils andere Rechneinheit und/oder die einzelnen Bilderzeugungseinrichtungen des Bilderzeugungssystems auf korrekte Funktion zu überwachen. Hierbei können insbesondere Plausibilitätsprüfungen durchgeführt werden, ob die Funktion und/oder Information Plausibilitätskriterien genügt/genügen.

[0042] Insbesondere die Verwendung redundanter Rechneinheiten ermöglicht eine sichere und zuverlässige Übertragung von Informationen von dem Schienenfahrzeug zu einer entfernten Einrichtung, z.B. einer Fahrzeug-Leitstelle. Alternativ zu einer Fahrzeugleitstelle kann die Information von dem Schienenfahrzeug zum Beispiel zu einem weiteren Schienenfahrzeug übertragen werden, z.B. ein im gleichen Schienennetz und/oder Gleisabschnitt betriebenes, insbesondere fahrendes Schienenfahrzeug. Auf diese Betriebsarten (z.B. Leitstellenbetrieb) wird noch näher eingegangen. Unabhängig davon, ob redundante Rechneinheiten verwendet werden, können alle in dieser Beschreibung beschriebenen Funktionen und Merkmale einer Leitstelle alternativ oder zusätzlich durch das weitere Schienenfahrzeug realisiert werden. Zum Beispiel können die unverarbeiteten oder weiterverarbeiteten Bildinformationen des Bilderzeugungssystems an die Leitstelle und/oder das weitere Schienenfahrzeug gesendet werden.

[0043] Zum Beispiel kann es sich bei dem weiteren Schienenfahrzeug um ein auf demselben Gleis fahrendes, nachfolgendes Fahrzeug handeln. Insbesondere bei Bedarf, zum Beispiel wenn ein autonomer Betrieb des ersten Schienenfahrzeugs, das das Bilderzeugungssystem aufweist, nicht möglich ist oder eingeschränkt möglich und/oder überwacht wird, kann das nachfolgende Fahrzeug mit dem vorausfahrenden, ersten Schienenfahrzeug einen tatsächlichen Zugverband (das heißt die Schienenfahrzeuge sind oder werden mechanisch miteinander gekoppelt) oder einen virtuellen Zugverband (das heißt die Schienenfahrzeuge sind nicht mechanisch miteinander gekoppelt, bewegen sich aber wie miteinander gekoppelt. In beiden Fällen kann der Fahrer den Zugverband im nachfolgenden Fahrzeug steuern, insbesondere den Fahrbetrieb steuern. Der Fahrer betrachtet auf einer Bilddarstellungseinrichtung, die ein oder mehrere Bildschirme haben kann, die von dem ersten Schienenfahrzeug erhaltene Bildinformation und optional daraus in dem nachfolgenden Schienenfahrzeug weiterverarbeitete Bildinformation.

[0044] Insbesondere in Kombination mit redundanten Rechneinheiten innerhalb des Schienenfahrzeugs, wie oben beschrieben, aber auch bei Vorhandensein einer einzigen Rechneinheit zur Verarbeitung der von dem Bilderzeugungssystem erzeugten Bildinformation und auch dann, wenn die von dem Bilderzeugungssystem erzeugte Bildinformation innerhalb des Schienenfahrzeugs nicht weiter verarbeitet wird, wird eine redundante Übertragung von Bildinformation von dem Schienenfahrzeug zu der entfernten Einrichtung bevorzugt. Es werden daher zwei Sendeeinrichtungen zum Senden von Bildsignalen zu einer von dem Schienenfahrzeug entfernten Empfangseinrichtung vorgeschlagen. Insbesondere kann das Schienenfahrzeug eine erste Rechneinheit und eine zweite Rechneinheit aufweisen, die jeweils über Bildsignalverbindungen mit jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen verbunden sind, wobei die erste Rechneinheit mit einer ersten Sendeeinrichtung

zum Senden von Bildsignalen zu einer von dem Schienenfahrzeug entfernten Empfangseinrichtung verbunden ist und die zweite Rechneinheit mit einer zweiten Sendeeinrichtung zum Senden von Bildsignalen zu der von dem Schienenfahrzeug entfernten Empfangseinrichtung verbunden ist.

[0045] Dem entspricht eine Ausgestaltung des Betriebsverfahrens, bei dem eine erste Rechneinheit und eine zweite Rechneinheit des Schienenfahrzeugs jeweils über Bildsignalverbindungen Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen empfangen, wobei die erste Rechneinheit über eine erste Sendeeinrichtung Bildsignale zu einer von dem Schienenfahrzeug entfernten Empfangseinrichtung sendet und wobei die zweite Rechneinheit über eine zweite Sendeeinrichtung Bildsignale zu der von dem Schienenfahrzeug entfernten Empfangseinrichtung sendet.

[0046] Die entfernte Empfangseinrichtung weist vorzugsweise zwei Empfangseinheiten auf, die jeweils mit einer der Sendeeinrichtungen des Schienenfahrzeugs verbunden sind. Bei den Verbindungen zwischen den Sendeeinrichtungen und der Empfangseinrichtung handelt es sich insbesondere um Funkverbindungen, vorzugsweise Breitband-Funkverbindungen wie z.B. gemäß dem Mobilfunkstandard LTE oder dem Mobilfunkstandard UMTS. Vorzugsweise wird von der entfernten Empfangseinrichtung oder einer damit verbundenen Einrichtung geprüft, ob die von der ersten und der zweiten Sendeeinrichtung des Schienenfahrzeugs gesendeten Bildsignale und optional zusätzlich gesendeten Informationen vollständig sind und/oder bezüglich ihres Informationsgehalts übereinstimmen. Bei signifikanten Abweichungen oder Unvollständigkeiten kann entschieden werden, dass der Betrieb des Schienenfahrzeugs und/oder der Informationsübertragung zu der entfernten Empfangseinrichtung gestört ist. Unter Bildsignalen wird auch verstanden, dass es sich um verarbeitete Bildsignale handelt, die insbesondere von den Rechneinheiten verarbeitet wurden. Es können jedoch alternativ oder zusätzlich auch nicht von den Rechneinheiten verarbeitete Bildsignale zu der entfernten Empfangseinrichtung gesendet werden, insbesondere solche Bildsignale, die von den Rechneinheiten unmittelbar von dem Bilderzeugungssystem empfangen wurden.

[0047] Bei den über die erste Sendeeinrichtung und die zweite Sendeeinrichtung betriebenen Übertragungsverbindungen kann es sich um Funkstrecken desselben Funknetzes handeln. Alternativ werden aber verschiedene Funknetze für die Übertragung genutzt.

[0048] Die Redundanz bezüglich der Sende- und Empfangseinrichtungen und auch der Signalverbindungen ermöglicht einen zuverlässigen Betrieb und/oder eine zuverlässige Überwachung des Schienenfahrzeugs. Insbesondere wird ein Betrieb des Schienenfahrzeugs möglich, der von einer entfernten Leitstelle und/oder von einem weiteren Schienenfahrzeug aus gesteuert wird. Hierauf wird im Folgenden näher eingegangen.

[0049] Der dritten Maßnahme liegt die Aufgabe zu-

grunde, ein Schienenfahrzeug möglichst zuverlässig fahrerlos betreiben zu können. Unter einem Fahrer wird eine Person verstanden, die mit dem Schienenfahrzeug mitfährt, wenn sich das Fahrzeug bewegt, und die den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs steuert, insbesondere bezüglich der Traktion und bezüglich des Bremsens des Schienenfahrzeugs.

[0050] Es wird vorgeschlagen, unter Verwendung der von einem Bilderzeugungssystem des Schienenfahrzeugs erzeugten Bildinformation den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs automatisch und damit fahrerlos zu steuern. Über das Bilderzeugungssystem werden insbesondere mögliche Kollisionen des Schienenfahrzeugs mit Hindernissen jeglicher Art erkannt und findet abhängig von der Erkennung einer bevorstehenden Kollision automatisch ein Eingriff in die Steuerung des Fahrbetriebs statt. Zusätzlich wird vorgeschlagen, die von dem Bilderzeugungssystem erzeugte Bildinformation und/oder von zumindest einer Einrichtung des Schienenfahrzeugs daraus erzeugte verarbeitete Bildinformation zu einer entfernten Leitstelle zu übertragen. Die Übertragung kann kontinuierlich und permanent während des Fahrbetriebes stattfinden. Alternativ kann die Übertragung dann stattfinden, wenn ein automatischer Fahrbetrieb allein durch Einrichtungen des Schienenfahrzeugs selbst nicht möglich ist und/oder wenn ein solcher autonomer Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs gestört ist oder zumindest ein Hinweis auf eine Störung vorliegt. Ferner ist es möglich, dass eine Leitstelle, die von dem Schienenfahrzeug entfernt angeordnet ist, die Übertragung der Bildinformation von dem Schienenfahrzeug anfordert und dadurch die Übertragung auslöst. Dies ermöglicht es der Leitstelle und insbesondere einer darin arbeitenden Person, den autonomen Betrieb des Schienenfahrzeugs insbesondere auch dann zu überwachen, wenn keine Störung und auch kein Hinweis auf eine Störung vorliegen.

[0051] Insbesondere die oben beschriebene erste Maßnahme und/oder zweite Maßnahme erhöht die Zuverlässigkeit und Sicherheit des autonomen Betriebes, der Überwachung und gegebenenfalls eines von der Leitstelle aus ferngesteuerten Betriebes des Schienenfahrzeugs. Die dritte Maßnahme kann jedoch auch ohne die erste und zweite Maßnahme realisiert werden.

[0052] Insbesondere wird vorgeschlagen: ein System zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs in einer der in dieser Beschreibung beschriebenen Ausgestaltungen, wobei das System das Schienenfahrzeug und eine Leitstelle aufweist, die von dem Schienenfahrzeug entfernt ist. Mittels der Leitstelle lassen sich der bereits erwähnte ferngesteuerte Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs und/oder eine Überwachung des autonomen Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs durchführen. Vorzugsweise weist das Schienenfahrzeug eine erste Sendeeinrichtung auf, über die während eines Betriebes des Schienenfahrzeugs Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen und/oder von einer Rechneinheit des Schienen-

fahrzeugs aus den Bildsignalen erzeugte weiterverarbeitete Bildsignale zu einer von dem Schienenfahrzeug entfernten ersten Empfangseinrichtung gesendet werden, wobei die Leitstelle mit der ersten Empfangseinrichtung verbunden ist und während des Betriebes des Schienenfahrzeugs von der Empfangseinrichtung empfangene Bildsignale erhält, wobei die Leitstelle eine Bilddarstellungseinrichtung aufweist, von der während des Betriebes des Schienenfahrzeugs aus den empfangenen Bildsignalen Bilder erzeugt und dargestellt werden, wobei die Leitstelle eine Steuervorrichtung aufweist, von der während des Betriebes des Schienenfahrzeugs Steuerungssignale zum Steuern eines Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs erzeugt werden, wobei die Leitstelle mit einer zweiten Sendereinrichtung verbunden ist, über die während des Betriebes die Steuerungssignale zu einer zweiten Empfangseinrichtung des Schienenfahrzeugs gesendet werden und wobei das Schienenfahrzeug ein Fahrsystem aufweist, das während des Betriebes des Schienenfahrzeugs die von der Steuervorrichtung der Leitstelle erzeugten Steuerungssignale empfängt und verarbeitet und den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs entsprechend den Steuerungssignalen ausführt.

[0053] Eine entsprechende Ausgestaltung des Betriebsverfahrens bezieht sich ebenfalls auf ein System, das das Schienenfahrzeug in einer der hier beschriebenen Ausgestaltungen und eine Leitstelle aufweist, die von dem Schienenfahrzeug entfernt ist, wobei während eines Betriebes des Schienenfahrzeugs Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen und/oder von einer Rechneinheit des Schienenfahrzeugs aus den Bildsignalen erzeugte weiterverarbeitete Bildsignale von einer ersten Sendeeinrichtung des Schienenfahrzeugs zu einer von dem Schienenfahrzeug entfernten ersten Empfangseinrichtung gesendet werden, wobei die Leitstelle von der ersten Empfangseinrichtung empfangene Bildsignale erhält, wobei die Leitstelle mittels einer Bilddarstellungseinrichtung aus den empfangenen Bildsignalen Bilder erzeugt und darstellt, wobei die Leitstelle mittels einer Steuervorrichtung Steuerungssignale zum Steuern eines Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs erzeugt, wobei die Leitstelle über eine zweite Sendeeinrichtung die Steuerungssignale zu einer zweiten Empfangseinrichtung des Schienenfahrzeugs sendet und wobei ein Fahrsystem des Schienenfahrzeugs die Steuerungssignale von der zweiten Empfangseinrichtung empfängt und verarbeitet und den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs entsprechend den Steuerungssignalen ausführt.

[0054] Statt der vier Bilderzeugungseinrichtungen, von denen zumindest drei das erste und das zweite Stereo-Paar bilden, kann das Bilderzeugungssystem des Schienenfahrzeugs eine andere Anzahl von Bilderzeugungseinrichtungen haben, deren Bildinformation von zumindest einer Rechneinheit des Schienenfahrzeugs weiterverarbeitet wird und/oder deren Bildinformation ohne Weiterverarbeitung von der ersten Sendeeinrichtung zu der von dem Schienenfahrzeug entfernten ersten Empfangseinrichtung gesendet wird.

[0055] Die dritte Maßnahme hat insbesondere den Vorteil, dass eine Weiterfahrt des Fahrzeugs in manchen Fällen trotz eines Hindernisses, das die Fahrstrecke blockiert oder zu blockieren scheint, durch einen von der Leitstelle und/oder von dem weiteren Schienenfahrzeug ferngesteuerten Fahrbetrieb möglich ist. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es Hindernisse gibt, die von einem automatischen und autonomen Fahrsystem des Schienenfahrzeugs fälschlicherweise als unüberwindlich eingestuft werden. Beispiele sind leichte, aber voluminöse Gegenstände wie Abdeckfolien, die z.B. auf Baustellen verwendet werden. Auch ist es möglich, dass ein Hindernis bei langsamer Annäherung durch das Schienenfahrzeug freiwillig oder selbsttätig die Fahrstrecke verlässt, z. B. ein Tier. Insbesondere in diesen Fällen kann z.B. eine in der Leitstelle arbeitende Person auf der Bilddarstellungseinrichtung dargestellte Bilder wahrnehmen, die auf der Bildinformation des Fahrzeug-Bilderzeugungssystems basieren. Ferner kann die Person über die Steuervorrichtung der Leitstelle den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs steuern. Auch wenn die autonome Fahrzeugsteuerung an Bord des Schienenfahrzeugs gestört ist, kann der Fahrbetrieb durch die Leitstelle gesteuert werden. Bei störungsfreier Funktion zumindest eines Stereo-Paares und bei störungsfreier Übertragung der davon erzeugten unter Umständen weiterverarbeiteten Bildinformation kann in der Leitstelle Tiefeninformation über den Raumbereich in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug empfangen und auswerten. Optional wird die Tiefeninformation erst in der Leitstelle aus dem jeweiligen Stereo-Bildpaar erzeugt. Eine Person in der Leitstelle kann daher ähnlich wie ein Fahrer eines konventionellen Schienenfahrzeugs seine Steuerbefehle zur Steuerung des Fahrbetriebes nicht nur auf zweidimensionale Bildinformation stützen.

[0056] Die Leitstelle und/oder das weitere Schienenfahrzeug weist insbesondere eine Bilddarstellungseinrichtung auf, zur Darstellung von Bildinformation, die unter Nutzung des Bilderzeugungssystems gewonnen wurde. Im Fall verfügbarer Stereo-Bildpaare oder daraus abgeleiteter Bildinformation, die für die Augen einer betrachtenden Person jeweils ein zugeordnetes Bild oder jeweils eine zugeordnete Folge von Bildern aufweist, kann die Bilddarstellungseinrichtung zum Beispiel einen Bildschirm oder eine Anordnung von Bildschirmen aufweisen. Vorzugsweise ist die Bilddarstellungseinrichtung mit einer optischen Einrichtung kombiniert oder weist diese auf, die zum Beispiel mittels geeigneter Lochblenden und/oder Linsen die Betrachtung der einzelnen Bilder allein oder überwiegend durch das zugeordnete Auge des Betrachters ermöglicht. Insbesondere kommt als Bilddarstellungseinrichtung auch eine derartige, am Kopf des Betrachters getragene Einheit infrage. Auf diese Weise kann der Betrachter den von dem Bilderzeugungssystem erfassten Raum realistisch mit seinen Augen wahrnehmen.

[0057] Wenn Bildinformation von den zwei Stereo-Paaren zur Verfügung steht, kann die Integrität und/oder

Korrektheit der in der Leitstelle und oder dem weiteren Schienenfahrzeug dargestellten Bilder abgesichert werden, zum Beispiel durch Plausibilitätsprüfung und/oder Vergleich von Bildinformation und/oder von daraus abgeleiteter Information.

[0058] Bei der zumindest einen Bilderzeugungseinrichtung des Bilderzeugungssystems des Schienenfahrzeugs handelt es sich insbesondere um eine Einrichtung mit einer Optik (d.h. einer optischen Einrichtung), mittels der erfasste, auf die Einrichtung einfallende Strahlung auf einen Sensor gelenkt wird, der die Bildinformation erzeugt, z.B. digitale, zweidimensionale Bildinformation.

[0059] Optional wird für die Wahrnehmung des Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs unabhängig davon, ob die Information von einem Fahrer-Assistenzsystem an Bord des Schienenfahrzeugs, von einem autonomen Fahrsystem des Fahrzeugs und/oder von einer Leitstelle genutzt wird, nicht lediglich ein Bilderzeugungssystem verwendet, das zweidimensionale Bilder des Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs erzeugt, sondern wird zusätzlich zumindest ein weiterer Sensor genutzt, der die Umgebung des Fahrzeugs erfasst. Infrage kommen dazu insbesondere Lasersensoren, Radarsensoren und Ultraschallsensoren. Alternativ oder zusätzlich zu der zumindest einen Bilderzeugungseinrichtung, welche den Raum in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug erfasst, kann zumindest einer der genannten zusätzlichen Sensoren und/oder zumindest eine weitere Bilderzeugungseinrichtung, die insbesondere mittels einer Optik zweidimensionale Bilder erzeugt, Raumbereiche seitlich des Schienenfahrzeugs und/oder in Fahrtrichtung hinter dem Schienenfahrzeug erfassen. Auf diese Weise können alle für den Fahrbetrieb oder den weiteren Betrieb des Schienenfahrzeugs (z.B. Überwachung des Ein- und Aussteigens von Passagieren) erforderlichen Informationen erfasst werden.

[0060] Bilderzeugungseinrichtungen und/oder andere Sensoren des Schienenfahrzeugs zur Erfassung des Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs und/oder Signalgeber zum Ausgeben von Signalen in den Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs können insbesondere zumindest teilweise in einem Vorsprung an der Außenoberfläche des Schienenfahrzeugs angeordnet sein, der balkenförmig ist. Daher kann mindestens ein Sensor und/oder ein Signalgeber zumindest teilweise in dem balkenförmigen Vorsprung angeordnet sein. Insbesondere wird auch ein Schienenfahrzeug mit einem Sensor zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs und/oder mit einem Signalgeber zum Ausgeben von Signalen in den Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs vorgeschlagen, wobei das Schienenfahrzeug an seiner Außenoberfläche einen balkenförmigen Vorsprung aufweist, in dem zumindest ein Teil des Sensors und/oder Signalgebers angeordnet ist.

[0061] Ein Vorteil des balkenförmigen Vorsprungs besteht darin, dass die Konstruktion des Schienenfahrzeugs gegenüber einer Ausgestaltung ohne balkenförmigen Vorsprung nur geringfügig geändert werden

muss. Alle Teile des Schienenfahrzeugs, die sich innerhalb der Außenhülle einer vorhandenen Schienenfahrzeug-Konstruktion befinden, können wie bisher ausgeführt werden. Für einen balkenförmigen Vorsprung, der zusätzlich an der Außenoberfläche des Schienenfahrzeugs vorgesehen wird, können auf einfache Weise Befestigungsbereiche zum Befestigen des balkenförmigen Vorsprungs und zum Durchführen zumindest einer Anschlussleitung des Sensors und/oder Signalgebers gefunden werden. Die balkenförmige, langgestreckte Ausgestaltung des Vorsprungs ermöglicht es, Befestigungspunkte und Durchführungen innerhalb von Abschnitten des Vorsprungs frei zu positionieren.

[0062] Ein balkenförmiger Vorsprung hat außerdem den Vorteil, dass Raum für die Anordnung des zumindest einen Sensors und/oder Signalgebers vorhanden ist, der den innenseitig des Vorsprungs in der Außenhülle des Schienenfahrzeugs gelegenen Raum nicht oder nur geringfügig beansprucht. Ferner kann von einem Vorsprung an der Außenoberfläche des Schienenfahrzeugs ein größerer Teil des Außenraums hindernisfrei erfasst werden bzw. können in einen größeren Teil des Außenraums hindernisfrei Signale gesendet werden als bei einer Anordnung innerhalb von ebenen oder nicht mit einem Vorsprung versehenen Oberflächenbereichen des Schienenfahrzeugs. Die Position des Sensors ist daher günstig für die Erfassung des Außenraumes und die Position des Signalgebers ist günstig für das aussenden von Signalen in den Außenraum. Zum Beispiel steht einer Erfassung des Außenraumes und/oder einem Aussenden von Signalen in vertikaler Richtung oder annähernd vertikaler Richtung bis zum Boden unmittelbar neben dem Schienenfahrzeug nichts im Wege. Dies ist insbesondere bei einer Projektion von Licht von Vorteil, aber auch bei der Erfassung von unmittelbar neben dem Schienenfahrzeug stehenden Personen oder liegenden Objekten. Auch schützt der balkenförmige Vorsprung den Sensor und/oder Signalgeber vor äußerer Einwirkung. Insbesondere können von außen einwirkende Kräfte (zum Beispiel von neben dem Fahrweg stehenden Bäumen) von einem Abschnitt des balkenförmigen Vorsprungs aufgenommen und abgeleitet werden, bevor sie auf den Sensor und/oder Signalgeber einwirken können. Der balkenförmige Vorsprung schützt aber auch vor anderen äußeren Einwirkungen wie Schmutz, Niederschlag und Feuchtigkeit und/oder Sonneneinstrahlung.

[0063] Bei dem Signalgeber kann es sich insbesondere um einen akustischen Signalgeber zum Ausgeben eines akustischen Signals (zum Beispiel einer Warnung) und/oder um einen optischen Signalgeber zum Ausgeben eines optischen Signals handeln. Insbesondere wird unter einem optischen Signal auch von Personen wahrnehmbares Licht verstanden, das zum Beispiel auf eine Projektionsfläche wie eine Straßenoberfläche auftreffen kann, so dass auf der Projektionsfläche insbesondere Zeichen und/oder Bilder projiziert werden, die visuell wahrnehmbar sind. Im Fall der Projektion kann der optische Signalgeber daher als Projektor bezeichnet wer-

den.

[0064] Insbesondere erstreckt sich der balkenförmige Vorsprung in einer Längsrichtung, die die Richtung der größten Außenabmessung des balkenförmigen Vorsprungs ist, wobei die Längsrichtung quer zur vertikalen Richtung entlang der Außenoberfläche des Schienenfahrzeugs verläuft. Insbesondere kann die Längsrichtung der Außenkontur des Schienenfahrzeugs folgen. In diesem Fall kann die Längsrichtung entsprechend der Außenkontur einen abgewinkelten (zum Beispiel am Übergang zwischen abgewinkelt zueinander angeordneten Seitenwänden des Schienenfahrzeugs) und/oder gebogenen (zum Beispiel an gekrümmten Seitenwänden des Schienenfahrzeugs) Verlauf haben. Der balkenförmige Vorsprung kann in unterschiedlicher Weise ausgeführt sein/werden. Als separates Bauteil kann der balkenförmige Vorsprung an der Außenoberfläche eines Schienenfahrzeug-Wagenkastens befestigt werden, z. B. durch Schweißen, Kleben, Nieten und/oder Schrauben. Alternativ oder zusätzlich ist eine formschlüssige Verbindung möglich, wenn der Wagenkasten an seiner Außenoberfläche entsprechend ausgestaltet wird, z.B. mit einem sich in der Längsrichtung des zu befestigenden balkenförmigen Vorsprungs erstreckenden Profil versehen wird/ist, an dem dann der balkenförmige Vorsprung befestigt wird/ist. Alternativ kann der balkenförmige Vorsprung als integraler Teil des Wagenkastens oder des Wagendachs des Schienenfahrzeugs ausgestaltet werden/sein.

[0065] Vorzugsweise ist das Querschnittsprofil des balkenförmigen Vorsprungs, insbesondere mit Ausnahme der Endbereiche an den entgegengesetzten Enden in Längsrichtung des Vorsprungs und/oder mit Ausnahme des Bereichs, in dem sich der Sensor und/oder Signalgeber befindet, konstant hinsichtlich Form und Größe des Querschnitts. Auch in Bereichen, in denen der Verlauf des balkenförmigen Vorsprungs in seiner Längsrichtung abgewinkelt ist, z.B. um sich der Außenkontur des Schienenfahrzeugs anzupassen, kann die Form und/oder Größe des Querschnitts von dem ansonsten konstanten Querschnitt abweichen. Eine bevorzugte Querschnittsform ist trapezförmig, wobei die längere der parallelen Seiten des Trapezes innenseitig liegt und z.B. mit der Außenoberfläche des Wagenkastens verbunden ist und die kürzere Seite der parallelen Seiten des Trapezes außen liegt. In diesem Fall, aber auch bei anderen Querschnittsformen (wie z. B. einer dreieckförmigen oder einer runden, insbesondere halbkreisförmigen Querschnittsform) verjüngt sich der Vorsprung betrachtet in dem Querschnitt von innen nach außen. Dies hat den Vorteil, dass eine stabile Befestigung des Vorsprungs vereinfacht ist und Objekte, wie z.B. Äste oder Zweige von Bäumen neben der Fahrstrecke, nicht an dem Vorsprung hängen bleiben und sich auch nicht festhaken.

[0066] Als Material für den Vorsprung kommen insbesondere entsprechend der Querschnittsform abgewinkelte Blechprofile aus Metall oder Kunststoffe, z.B. Po-

lypropylen oder andere Polymere, infrage. Auch faserverstärkte Kunststoffe sind aufgrund ihrer Festigkeit und ihres geringen Gewichts gut geeignet.

[0067] Insbesondere bildet das Material des balkenförmigen Vorsprungs zumindest eine sich in dessen Längsrichtung erstreckende Außenwand, die einen Innenraum des balkenförmigen Vorsprungs von dem Außenraum des Vorsprungs und des Schienenfahrzeugs abgrenzt. Vorzugsweise wird auf diese Weise ein langgestrecktes Gehäuse gebildet, wobei sich ein Innenraum oder Hohlraum des balkenförmigen Vorsprungs in der Längsrichtung des Vorsprungs erstreckt. Bevorzugt wird, dass der Hohlraum ohne geschlossene Abschottung in unterschiedliche Längsabschnitte von dem einen Endbereich des balkenförmigen Vorsprungs zu dem entgegengesetzt gelegenen Endbereich des balkenförmigen Vorsprungs durchgeht. Dies schließt jedoch nicht aus, dass verschiedene balkenförmige Vorsprünge an ihren Endbereichen aneinanderstoßen. Alternativ können lange, sich z.B. über mehrere Meter Länge in Längsrichtung erstreckende balkenförmige Vorsprünge in voneinander abgeschottete Längsabschnitte unterteilt sein. In Längsrichtung durchgehende Hohlräume, aber auch Durchbrüche durch Schotte zwischen getrennten Längsabschnitten des balkenförmigen Vorsprungs ermöglichen es, zumindest eine Anschlussleitung zum elektrischen und/oder signaltechnischen Anschließen des Sensors und/oder Signalgebers in Längsrichtung des Vorsprungs zu führen (d.h. die zumindest eine Anschlussleitung erstreckt sich in der Längsrichtung). Wenn mehrere Anschlussleitungen vorhanden sind und/oder mehrere Sensoren und/oder Signalgeber in dem balkenförmigen Vorsprung mit zumindest einem Teil ihres Volumens angeordnet sind, können die Anschlussleitungen in der Art von Kabelbäumen als Leitungsbündel in dem balkenförmigen Vorsprung verlegt werden. Z.B. wird das Bündel an einer einzigen Übergangsstelle von dem Innenraum des balkenförmigen Vorsprungs in das Innere des Schienenfahrzeugs hineingeführt.

[0068] Insbesondere kann sich der balkenförmige Vorsprung entlang einer Außenumfangsline erstrecken, die von oben betrachtet um das Schienenfahrzeug herum verläuft. Vorzugsweise erstreckt sich der balkenförmige Vorsprung dabei entlang von Seitenwänden eines Schienenfahrzeug-Wagenkastens und/oder um einen Frontbereich des Schienenfahrzeugs herum. In den Bereichen, in denen sich der balkenförmige Vorsprung befindet, erhebt sich der Vorsprung insbesondere (z. B. in horizontaler Richtung) seitlich, nach vorne oder nach hinten (je nach Lage des Bereichs) von der Außenoberfläche des Fahrzeugs. Ein längerer balkenförmiger Vorsprung hat den Vorteil, dass er Platz für Sensoren und/oder Signalgeber in verschiedenen Bereichen der Außenoberfläche bietet und im Gegensatz zu mehreren balkenförmigen Vorsprüngen, die voneinander beabstandet sind, weniger Endbereiche aufweist, an denen Objekte anstoßen können. Auch bietet er die Möglichkeit, Anschlussleitungen der Sensoren und/oder Signalgeber

über seine gesamte Längserstreckung oder zumindest einen Teil davon aufzunehmen. Auch andere Einrichtungen des Schienenfahrzeugs, insbesondere Führungen zur Führung der Bewegung von Türen, können in den Vorsprung integriert sein.

[0069] Insbesondere kann sich der balkenförmige Vorsprung in der Art eines Rings in sich geschlossen um das Schienenfahrzeug herum erstrecken. Dies ermöglicht es, Sensoren und/oder Signalgeber an beliebigen Positionen in der Umfangsrichtung des Fahrzeugs anzuordnen.

[0070] Vorzugsweise erstreckt sich der balkenförmige Vorsprung oberhalb eines Außenfensters oder oberhalb von Außenfenstern des Schienenfahrzeugs. Im Bereich oberhalb von Fenstern haben Sensoren eine gute Position zur Erfassung des Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs und haben Signalgeber eine gute Position zum Aussenden von Signalen. Auch kommen Personen, zum Beispiel beim Ein- und Aussteigen wegen der großen Höhe des Bereichs oberhalb von Fenstern nicht in Kontakt mit dem Vorsprung.

[0071] Durch Auswertung zumindest eines Stereo-Bildpaars und insbesondere durch Auswertung einer zeitlichen Folge der von zumindest einem Stereo-Paar von Bilderzeugungseinrichtungen erzeugten Stereo-Bildpaare kann nicht nur Tiefeninformation von Objekten auf oder an der Fahrstrecke gewonnen werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Verlauf des Fahrweges ermittelt werden. Dies ermöglicht es zum Beispiel, den Betrieb des Schienenfahrzeugs hinsichtlich zumindest einer weiteren Funktion zu steuern. Mögliche weitere Funktionen sind zum Beispiel die Ausrichtung von Rädern (insbesondere entsprechend dem Kurvenradius einer Kurve des Fahrweges) des Schienenfahrzeugs, auf denen das Schienenfahrzeug fährt, und die Ausrichtung oder Aktivierung (z. B. das Einschalten) zumindest eines Scheinwerfers (insbesondere entsprechend dem Verlauf einer Kurve des Fahrweges und/oder einem vorausgehenden oder nachfolgenden geraden Fahrwegabschnitt oder Kurve mit anderem Krümmungsradius).

[0072] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. Die anhand der Fig. 1 bis 10 beschriebenen Ausführungsbeispiele enthalten lediglich Sensoren. Es ist aber möglich, zumindest einen der Sensoren durch einen Signalgeber zu ersetzen und/oder zusätzlich zu den Sensoren zumindest einen Signalgeber zumindest teilweise in dem balkenförmigen Vorsprung anzuordnen. Die einzelnen Figuren der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Schienenfahrzeugs, z.B. einer Straßenbahn oder Stadtbahn, wobei Einrichtungen des Schienenfahrzeugs schematisch dargestellt sind, welche über eine Funkverbindung mit einer externen Leitstelle verbunden sind,

Fig. 2 schematisch eine Draufsicht auf einen Frontbereich eines auf Schienen fahrenden Fahr-

Fig. 3

5

Fig. 4

10

Fig. 5

15

Fig. 6

20

Fig. 7

25

Fig. 8

30

Fig. 9

35

Fig. 10

40

45

50

55

zeugs mit einem Bilderzeugungssystem, welches zwei Stereo-Paare aufweist,

ein Blockdiagramm mit Einrichtungen in einem Schienenfahrzeug, die über Funkverbindungen mit einer Leitstelle verbunden sind, eine vereinfachte Außenansicht eines Schienenfahrzeugs mit einem seitlich umlaufenden balkenförmigen Vorsprung, der oberhalb von Außenfenstern des Schienenfahrzeugs verläuft und in dem mehrere Sensoren zur Erfassung des Außenraums des Schienenfahrzeugs angeordnet sind,

eine Darstellung ähnlich der in Fig. 4, z.B. von demselben Schienenfahrzeug wie in Fig. 4, jedoch von der gegenüberliegenden Seite oder eine Darstellung eines ähnlichen Schienenfahrzeugs,

eine Frontansicht eines Schienenfahrzeugs mit einem von den Seitenwänden des Schienenfahrzeugs um die Front herumlaufenden balkenförmigen Vorsprung, in dem Sensoren zur Erfassung des Fahrzeug-Außenraumes angeordnet sind,

schematisch einen Querschnitt durch einen Wagenkasten eines Schienenfahrzeugs, wobei der Wagenkasten im Bereich von einer Schiebetür einen balkenförmigen Vorsprung hat, der sich in Längsrichtung des Wagenkastens erstreckt und eine Führung zur Führung einer Bewegung der Schiebetür enthält,

schematisch eine Anordnung von vier Bilderzeugungseinrichtungen ähnlich wie in Fig. 2 oder Fig. 6, wobei alle vier Bilderzeugungseinrichtungen funktionsfähig sind,

die Anordnung aus Fig. 8, wobei jedoch eine der vier Bilderzeugungseinrichtungen ausgefallen oder gestört ist und dennoch zwei Stereo-Paare der Bilderzeugungseinrichtungen gebildet sind, und

die Anordnung aus Fig. 8, wobei jedoch eine andere der vier Bilderzeugungseinrichtungen als bei Fig. 9 ausgefallen oder gestört ist und zwei andere Stereo-Paare der Bilderzeugungseinrichtungen als bei Fig. 9 gebildet sind.

[0073] Das in Fig. 1 dargestellte Schienenfahrzeug 1 weist links in der Figur einen Frontbereich und rechts in der Figur einen hinteren Bereich auf. Es ist jedoch auch möglich, dass das Fahrzeug 1 während des normalen Betriebes in umgekehrte Fahrtrichtung fahren kann, z.B. wenn sich in dem rechts dargestellten Endbereich ebenfalls ein Fahrerstand befindet oder wenn zumindest alle für eine Fahrt nach rechts erforderlichen Einrichtungen wie Frontscheinwerfer vorhanden sind.

[0074] In den beiden links und rechts in Fig. 1 dargestellten Endbereichen befindet sich jeweils ein Bilderzeugungssystem mit wenigstens einer Bilderzeugungseinrichtung und vorzugsweise den zumindest vier oben er-

wählten Bilderzeugungseinrichtungen. Dargestellt ist im linken Endbereich eine Bilderzeugungseinrichtung 2a eines ersten Bilderzeugungssystems und im rechten Endbereich eine Bilderzeugungseinrichtung 2b eines zweiten Bilderzeugungssystems. Diese beiden Bilderzeugungssysteme erfassen jeweils den vor bzw. hinter dem Endbereich liegenden Außenraum des Fahrzeugs 1. Beispielsweise handelt es sich bei den Bilderzeugungseinrichtungen 2a, 2b um digitale Kameras, die fortlaufend zweidimensionale Bilder des Außenraums erzeugen.

[0075] Die Bilderzeugungseinrichtungen 2 des ersten und zweiten Bilderzeugungssystems sind jeweils über voneinander getrennte Bildsignalverbindungen 10a, 10b; 11a, 11b mit einer ersten Rechneinheit 20a und einer zweiten Rechneinheit 20b verbunden. Die erste Rechneinheit 20a ist im linken Endbereich oder einem daran angrenzenden mittleren Bereich des Fahrzeugs 1 angeordnet. Die zweite Rechneinheit 20b ist im rechten Endbereich oder einem daran angrenzenden mittleren Bereich des Fahrzeugs 1 angeordnet. Folglich erstrecken sich die Bildsignalverbindungen 10a, 10b in Längsrichtung oder entlang der Längsrichtung durch das Fahrzeug 1 zu der Rechneinheit.

[0076] Die Rechneinheiten 20 sind jeweils mit einer Sendeeinrichtung kombiniert, die in Fig. 1 nicht separat dargestellt ist. Von der Sendeeinrichtung werden Bildsignale über eine Funkverbindung 40a, 40b zu einer Leitstelle 60 gesendet. Bei den Funkverbindungen handelt es sich um separate Funkverbindungen, vorzugsweise über verschiedene Mobilfunknetze, sodass bei Ausfall eines der Netze noch eine der Funkverbindungen 40a, 40b betrieben werden kann.

[0077] Über die Funkverbindungen 40a, 40b können die von dem ersten bzw. zweiten Bilderzeugungssystem erzeugten Bildinformationen ohne Weiterverarbeitung durch die Rechneinheiten 20a, 20b und/oder in weiterverarbeiteter Form (z.B. mit Tiefeninformation von erfassten Objekten) zu der Leitstelle 60 übertragen werden. Es ist daher auch eine Variante des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels möglich, bei dem statt der ersten Rechneinheit 20a lediglich eine Sendeeinrichtung zum Senden der nicht weiterverarbeiteten Bildinformation vorhanden ist und/oder statt der zweiten Rechneinheit 20b lediglich eine Sendeeinrichtung zum Senden der nicht weiterverarbeiteten Bildinformation vorhanden ist. Wenn zumindest eine der Rechneinheiten 20a, 20b Bildinformationen weiterverarbeitet, handelt es sich bei der Rechneinheit zumindest um einen Teil einer Auswertungseinrichtung. Anders als in den Figuren dargestellt ist, kann auch lediglich eine einzige Auswertungseinrichtung vorhanden sein. Diese Auswertungseinrichtung empfängt insbesondere Bilder von vier Bilderzeugungseinrichtungen, die alle vier einen gemeinsamen Erfassungsbereich (Raumbereich) haben, d.h. zumindest ein Teil aller vier Erfassungsbereiche ist gleich.

[0078] Vorzugsweise besteht für die Leitstelle 60 auch die Möglichkeit, über das Senden von Signalen über eine

Funkverbindung 50a und/oder 50b Information zu dem Schienenfahrzeug 1 zu senden. Z.B. enthalten die Sendeeinrichtungen des Fahrzeugs 1, die mit der ersten Rechneinheit 20a oder der zweiten Rechneinheit 20b kombiniert ist/sind oder die statt der Rechneinheit 20 vorgesehen ist, auch eine Empfangseinrichtung zum Empfangen der Funksignale von der Leitstelle 60. Eine nicht in Fig. 1 dargestellte Signalverarbeitungseinrichtung ist an die Funkverbindungen 50a, 50b angeschlossen und kann die von der Leitstelle 60 empfangenen Signale verarbeiten und z.B. den Fahrbetrieb des Fahrzeugs 1 steuern.

[0079] Das schematisch in Fig. 2 dargestellte Schienenfahrzeug 1, bei dem es sich um das Schienenfahrzeug 1 aus Fig. 1 handeln kann, weist in seinem Frontbereich ein Bilderzeugungssystem mit vier Bilderzeugungseinrichtungen 2, 3, 4, 5 auf. Dabei bilden die erste Bilderzeugungseinrichtung 2 und die zweite Bilderzeugungseinrichtung 3 ein erstes Stereo-Paar 2, 3, das einen größeren Abstand in horizontaler Einrichtung voneinander hat als die dritte Bilderzeugungseinrichtung 4 und die vierte Bilderzeugungseinrichtung 5, die ein zweites Stereo-Paar 4, 5 bilden.

[0080] In dem speziellen Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind die Öffnungswinkel der von den einzelnen Bilderzeugungseinrichtungen 2-5 erfassten Raumbereiche in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug 1 gleich groß. Aufgrund des größeren Abstandes der Bilderzeugungseinrichtungen 2, 3 ist aber der gemeinsame Teil 8a des von dem ersten Stereo-Paar 2, 3 erfassten Raumes in größerer Entfernung vor dem Schienenfahrzeug 1 gelegen als der gemeinsame Teil 8b des von dem zweiten Stereo-Paar 4, 5 erfassten Raumes.

[0081] Angedeutet ist in Fig. 2 auch der Verlauf der beiden Fahrschienen 7a, 7b durch in der Fig. 2 horizontal verlaufende gestrichelte Linien. Durch einen ovalen Bereich mit dem Bezugszeichen 9 ist ein in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug 1 liegendes Objekt dargestellt, welches sich vollständig in dem gemeinsamen Teil 8b des zweiten Stereo-Paars 4, 5 befindet, jedoch nur teilweise in dem gemeinsamen Teil 8a des ersten Stereo-Paars 2, 3 befindet.

[0082] Das erste Stereo-Paar 2, 3 dient der Erfassung eines in größerer Entfernung (d.h. in der in Fig. 2 von links nach rechts verlaufenden Tiefenrichtung) angeordneten Raumbereichs als das zweite Stereo-Paar 4, 5. Dadurch kann die Genauigkeit bei der Erfassung des in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug 1 liegenden Raumes im Vergleich zu der Verwendung eines einzigen Stereo-Paars erhöht werden. Anders als in Fig. 2 dargestellt, kann der Öffnungswinkel der ersten und zweiten Bilderzeugungseinrichtung 2, 3 kleiner sein als der Öffnungswinkel der dritten und vierten Bilderzeugungseinrichtung 4, 5 und/oder durch nicht dargestellte optische Einrichtungen, die mit den Bilderzeugungseinrichtungen 2-5 kombiniert sind, der in den erzeugten Bildern scharf erfasste Raumbereich bei dem ersten Stereo-Paar 2, 3 weiter entfernt von dem Schienenfahrzeug 1 liegen als

bei dem zweiten Stereo-Paar 4,5.

[0083] In Fig. 3 stellt ein mit dem Bezugszeichen 1 bezeichneter rechteckiger Rahmen schematisch den Außenriss eines Schienenfahrzeugs dar, z.B. des Schienenfahrzeugs 1 aus Fig. 1 und/oder Fig. 2. Ferner stellt in Fig. 3 ein mit dem Bezugszeichen 60 bezeichneter rechteckiger Rahmen den Außenriss einer Leitstelle für den Betrieb zumindest eines Schienenfahrzeugs dar.

[0084] In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weist das Schienenfahrzeug 1 wie bei Fig. 2 zwei Stereo-Paare 2, 3; 4, 5 auf, die gemeinsam ein Bilderzeugungssystem bilden. Das Bilderzeugungssystem kann jedoch alternativ eine andere Anzahl von Bilderzeugungseinrichtungen aufweisen. Weiter alternativ können zwar zumindest die vier Bilderzeugungseinrichtungen der Fig. 3 vorhanden sein, jedoch lediglich drei davon gleichzeitig (das heißt in derselben Betriebsphase) betrieben werden und dennoch zwei Stereo-Paare bilden. In jedem Fall ist jede der Bilderzeugungseinrichtungen 2-5 des Bilderzeugungssystems über eine erste Bildsignalverbindung 11 mit einer ersten Rechneinheit 20a und über eine separate, zweite Bildsignalverbindung 10 mit einer zweiten Rechneinheit 20b verbunden. Während des Betriebes des Bilderzeugungssystems werden über diese Bildsignalverbindungen 10, 11 dieselben Bildsignale von der Bilderzeugungseinrichtung

2-5 zu den beiden Rechneinheiten 20a, 20b übertragen. Ferner verarbeiten die beiden Rechneinheiten 20 die empfangenen Bildsignale bzw. die darin enthaltene Bildinformation in der gleichen Weise, wodurch insbesondere eine gegenseitige Überwachung der Rechneinheiten 20 und/oder ein Vergleich der Ergebnisse der Verarbeitung möglich wird.

[0085] Von den beiden Rechneinheiten 20 weiterverarbeitete Bildinformation und/oder die nicht weiterverarbeiteten, von den Rechneinheiten 20 empfangene Bildinformation wird/werden in dem Ausführungsbeispiel sowohl zu einer zentralen Fahrzeugsteuerung 23 als auch zu einer ersten Sendeeinrichtung 21a und einer zweiten Sendeeinrichtung 21b übertragen, die jeweils entsprechende, die Information enthaltende Signale über separate Funkverbindungen 40a, 40b zu einer von dem Schienenfahrzeug 1 entfernten Empfangseinrichtung 63a oder 63b übertragen. Somit besteht eine erste Signalverbindung 40a von der ersten Sendeeinrichtung 21a zu der ersten Empfangseinrichtung 63a und eine zweite Signalverbindung 40b von der zweiten Sendeeinrichtung 21b zu der zweiten Empfangseinrichtung 63b. Optional werden zusätzlich von der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 erzeugte Signale über die erste und zweite Signalverbindung 40a, 40b übertragen, wobei die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 optional die erste und zweite Sendeeinrichtung 21a, 21b nutzt oder selbst eine erste und zweite Sendeeinrichtung aufweist.

[0086] Die erste und zweite Empfangseinrichtung 63a, 63b sind mit einer Bilddarstellungseinrichtung 61 der Leitstelle 60 verbunden. Ferner weist die Leitstelle 60 eine Steuereinrichtung 62 auf, die über eine nicht näher

dargestellte Sendeeinrichtung und eine Funksignalverbindung 50 mit der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 verbunden ist. Die entsprechende Empfangseinrichtung der Signalverbindung 50, die Teil des Schienenfahrzeugs 1 ist, kann z.B. eine Einrichtung sein, die mit der ersten Sendeeinrichtung 21a oder der zweiten Sendeeinrichtung 21b kombiniert ist, oder sie kann z.B. als separate oder in die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 integrierte Empfangseinrichtung realisiert sein. Optional kann auch eine zweite, zu der Signalverbindung 50 redundante Funkverbindung für das Senden von Signalen von der Leitstelle 60 zu dem Fahrzeug 1 vorgesehen sein, wie z.B. in Fig. 1.

[0087] Im Folgenden wird ein Beispiel für einen bevorzugten Betrieb der schematisch in Fig. 3 dargestellten Anordnung beschrieben. Das Bilderzeugungssystem des Fahrzeugs 1 erfasst den insbesondere in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug 1 liegenden Raum und erzeugt entsprechende zweidimensionale Bilder des Raumes. Die so erzeugte Bildinformation wird über die ersten und zweiten Signalverbindungen 10, 11 zu den ersten und zweiten Rechneinheiten 20 übertragen. Bei Vorhandensein zumindest eines Stereo-Paars errechnet jede der Rechneinheiten 20a, 20b Tiefeninformation der mit den Bildern erfassten Objekte und berechnet optional zusätzlich, ob eine Kollision des Fahrzeugs 1 mit einem Hindernis auf der Fahrstrecke bevorsteht. Dabei kann auch berechnet werden, ob sich ein Objekt vermutlich, bei fortgesetzter Bewegung des Objekts, auf die Fahrstrecke bewegt.

[0088] Die Ergebnisse der Berechnungen und vorzugsweise zumindest Teile der nicht verarbeiteten Bildinformation, die von dem Bilderzeugungssystem erhalten wurde, wird von den Rechneinheiten 20 zu der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 übertragen, die unter Verwendung der von den Rechneinheiten 20 erhaltenen Information den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs 1 steuert und entsprechend insbesondere ein Fahrsystem 25, insbesondere ein Traktions- und Bremssystem, des Schienenfahrzeugs 1 ansteuert. Auf diese Weise ist ein autonomer, fahrerloser Betrieb des Fahrzeugs 1 möglich.

[0089] Abweichend von dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel kann die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 zwar die von den Rechneinheiten 20 berechnete Tiefeninformation empfangen, jedoch etwaige bevorstehende Kollisionen selbst berechnen. Optional, zur weiteren Steigerung der Zuverlässigkeit, kann die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 ebenfalls redundante Rechneinheiten aufweisen, die sämtliche in ihr ablaufenden Datenverarbeitungsprozesse redundant, d.h. separat voneinander in gleicher Weise ausführen. Alternativ oder zusätzlich kann die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 die von den beiden Rechneinheiten 20a, 20b empfangenen Informationen miteinander vergleichen und prüfen, ob signifikante Abweichungen bestehen. Gegebenenfalls kann die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 auf diese Weise eine Störung zumindest des Betriebes einer Rech-

nerereinheit und/oder eines Teils des Bilderzeugungssystems feststellen.

[0090] Optional erzeugt die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 Signale, die das Ergebnis der Verarbeitung der von den beiden Rechereinheiten 20 erhaltenen Signale sind, und sendet diese Signale über die erste und zweite Funksignalverbindung 40a, 40b zu der Leitstelle 60. In jedem Fall wird bevorzugt, dass die von den Rechereinheiten 20 ausgegebenen Signale über die erste und zweite Sendeeinrichtung 21a, 21b und die erste und zweite Funkverbindung 40a, 40b zu der Leitstelle 60 übertragen werden.

[0091] Optional kann die Bilddarstellungseinrichtung 61 mit einer nicht näher dargestellten Recheneinrichtung kombiniert sein, die die darzustellenden Bilder so verarbeitet, dass sie auf der Bilddarstellungseinrichtung 61 dargestellt werden. Optional kann diese Recheneinrichtung prüfen, ob die über die separaten Funksignalverbindungen 40a, 40b empfangenen Signale signifikant voneinander abweichen und daher der Betrieb teilweise gestört ist. Insbesondere können bei einer Störung automatisch entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, indem die Leitstelle 60 über die Funksignalverbindung 50 Signale zu der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 sendet.

[0092] Insbesondere betrachtet zumindest eine Person in der Leitstelle 60 die auf der Bilddarstellungseinrichtung 61 dargestellten Bilder. Dies kann auf Zeiträume beschränkt sein, in denen die zentrale Fahrzeugsteuerung 23 den Fahrbetrieb des Fahrzeugs 1 nicht autonom steuern kann. Durch Betätigung der Steuereinrichtung 62 kann die Person Steuersignale erzeugen, die über die Funksignalverbindung 50 zu der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 übertragen werden. Insbesondere kann die Person auf diese Weise den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs 1 fernsteuern. Alternativ oder zusätzlich kann die Person lediglich Steuersignale zur Überwachung des Betriebes des Schienenfahrzeugs 1 erzeugen, die über die Funksignalverbindung 50 zu der zentralen Fahrzeugsteuerung 23 übertragen werden und ein Senden von Signalen über die Funksignalverbindungen 40 bewirkt, die für die Überwachung erforderlich sind.

[0093] Das in Fig. 4 gezeigte Schienenfahrzeug 101 kann z.B. das Schienenfahrzeug 1 aus einer der Fig. 1 bis Fig. 3 sein. Es weist einen oberhalb von Fenstern 121 in den Seitenwänden 113 des Fahrzeugs 101 und auch oberhalb von Fenstern 122 im Frontbereich des Fahrzeugs 101 verlaufenden balkenförmigen Vorsprung 80 auf, in den eine Mehrzahl von Sensoren 2, 105, 106, 107 integriert sind oder zumindest mit einem Teil ihres jeweiligen Volumens integriert sind. Im Fall der teilweisen Integration kann ein Teil des Sensors aus dem balkenförmigen Vorsprung nach außen und/oder nach innen hervorragen. Insbesondere kann der balkenförmige Vorsprung 80 an der Unterseite des jeweiligen Sensors oder unmittelbar seitlich des jeweiligen Sensors ausgespart sein, um dem Sensor eine hindernisfreie Erfassung von Raumbereichen außerhalb des Schienenfahrzeugs 101

zu ermöglichen. In dem links in Fig. 4 dargestellten Bereich des Fahrzeugs 101, der in Fahrtrichtung nach vorne ausgerichtet ist, befindet sich z.B. die Bilderzeugungseinrichtung 2 aus einer der Fig. 1 bis 3 und optional weitere, nicht in Fig. 4 dargestellte Bilderzeugungseinrichtungen eines Bilderzeugungssystems zur Erfassung eines Raumbereichs in Fahrtrichtung vordem Fahrzeug 101.

[0094] In dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel erstreckt sich der balkenförmige Vorsprung 80 ausgehend von dem rechts in Fig. 4 dargestellten Übergangsbereich zu einem angrenzenden Wagenkasten eines mit dem Fahrzeug 101 gekoppelten Fahrzeugs oder Fahrzeugteils entlang der Längsrichtung des Fahrzeugs 101 an der im Bild vorne liegenden Seitenwand 113 und anschließend um den Frontbereich des Fahrzeugs 101. Vorzugsweise, wie in Fig. 5 dargestellt, erstreckt sich der balkenförmige Vorsprung 80 ausgehend von dem Frontbereich weiter entgegen der Längsrichtung entlang der gegenüberliegenden Seitenwand 113, die in Fig. 5 dargestellt ist. Auch in dem in Fig. 5 dargestellten Abschnitt des balkenförmigen Vorsprungs 80 befinden sich Sensoren 105, 107 und 108 zur Erfassung des Außenraumes des Schienenfahrzeugs 101. In dem in Fig. 5 dargestellten Frontbereich in Fahrtrichtung nach vorn blickend befindet sich eine weitere Bilderzeugungseinrichtung 5 des Bilderzeugungssystems. Bei den ebenfalls im Frontbereich, jedoch nicht im vordersten Bereich des Frontbereichs angeordneten Sensoren 105 kann es sich z.B. um Radar- oder Ultraschallsensoren handeln. Bei den an den Seitenwänden 113 angeordneten Sensoren 106, 107 und 108 kann es sich z.B. um digitale Kameras handeln, die beim Halt an Haltestellen den Bereich außerhalb des Fahrzeugs und insbesondere um die Fahrzeugtüren 102, 103 herum erfassen.

[0095] Der in Fig. 6 dargestellte Frontbereich eines Schienenfahrzeugs 101, bei dem es sich um das Schienenfahrzeug 101 aus Fig. 4 und/oder Fig. 5 handeln kann, zeigt ebenfalls einen balkenförmigen Vorsprung 80, der um den Frontbereich herum verläuft. Es sind die vier Bilderzeugungseinrichtungen 2-5 erkennbar, die dem Bilderzeugungssystem aus Fig. 2 und Fig. 3 entsprechen. Dieses Beispiel zeigt, dass die vier Sensoren 2-5 des Bilderzeugungssystems insbesondere nebeneinander angeordnet sein können, vorzugsweise nebeneinander in horizontaler Richtung. Dabei sind der erste Sensor 2 und der dritte Sensor 4 unmittelbar nebeneinander angeordnet und haben den kleinstmöglichen (insbesondere null) Abstand zueinander.

[0096] Alternativ könnten die Sensoren des Bilderzeugungssystems nicht in einem balkenförmigen Vorsprung, sondern z. B. bündig mit der ebenen Außenoberfläche des Fahrzeugs oder z. B. hinter der Frontscheibe des Schienenfahrzeugs angeordnet sein, so dass sie den Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs durch die Frontscheibe hindurch erfassen. Insbesondere wenn ein Scheibenwischer betrieben wird, der sich entlang der Frontscheibe hin- und herbewegt, wird die Bilderfassung

wiederholt gestört. Insbesondere wenn zeitliche Bildfolgen erfasst werden, können derartige störende Effekte zum Beispiel durch Bildauswertungs-Software und/oder -Hardware korrigiert werden.

[0097] Der Querschnitt in Fig. 7 zeigt, dass ein balkenförmiger Vorsprung 80 nicht nur zur Anordnung von Sensoren verwendet werden kann, sondern auch eine Führung 117 für eine Fahrzeughür 102 enthalten kann. Der entsprechende Wagenkasten 109 des Schienenfahrzeugs 101 enthält in dem dargestellten Ausführungsbeispiel an der dargestellten Querschnittsposition lediglich auf einer Seite eine Schiebetür 102. Alternativ kann der Wagenkasten auch an der entgegengesetzten Seite an derselben Querschnittsposition eine Schiebetür aufweisen. Derartige Schiebetüren 102 können zum Öffnen und Schließen lediglich in geradliniger Richtung bewegt werden. Sie unterscheiden sich darin von konventionellen Türen, die z.B. durch eine überlagerte Drehbewegung aus der geschlossenen Position nach außen in eine geöffnete Position bewegt werden.

[0098] Zusammenfassend lässt sich daher über die Nutzung eines balkenförmigen Vorsprungs an der Außenoberfläche eines Schienenfahrzeugs Folgendes festhalten: Ein balkenförmiger Vorsprung kann z.B. vorhanden sein, wenn Schiebetüren verwendet werden, die zum Öffnen nicht nach außen bewegt werden. In diesem Fall kann der balkenförmige Vorsprung zumindest einen Teil der Bewegungsführung zur Bewegung der Schiebetür beim Öffnen und Schließen aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann der balkenförmige Vorsprung Anschlussleitungen, insbesondere Energieversorgungsleitungen und Signalverbindungen, enthalten, über die die in dem balkenförmigen Vorsprung zumindest teilweise angeordneten Sensoren an andere Einrichtungen des Schienenfahrzeugs wie Sendeeinrichtungen und Rechereinheiten angeschlossen sind.

[0099] Die in Fig. 8 gezeigte Anordnung von vier Bilderzeugungseinrichtungen 2, 3, 4, 5 stellt ein konkretes Ausführungsbeispiel für die Gestaltung der Abstände zwischen den nebeneinander angeordneten Bilderzeugungseinrichtungen dar. Es sind jedoch auch andere Gestaltungen möglich. Zum Beispiel können die nächst benachbarten der nebeneinander angeordneten Bilderzeugungseinrichtungen alle gleiche Abstände zueinander haben, d.h. der Abstand zu der jeweils nächsten Bilderzeugungseinrichtung ist für alle Bilderzeugungseinrichtungen gleich groß. Die beiden mittleren Bilderzeugungseinrichtungen haben daher in den entgegengesetzten Richtungen jeweils eine nächst benachbarte Bilderzeugungseinrichtung. Auch in diesem Fall kann beim Ausfall einer beliebigen der vier Bilderzeugungseinrichtungen immer ein erstes Stereo-Paar mit kleinerem Abstand und ein zweites Stereo-Paar mit größerem Abstand gebildet werden.

[0100] In dem in Fig. 8 gezeigten Fall ist der größte Abstand zwischen zwei Bilderzeugungseinrichtungen, nämlich der Abstand zwischen der Bilderzeugungseinrichtung 2 und der Bilderzeugungseinrichtung 3 mit A

bezeichnet. Die Abstände zwischen nächst benachbarten Bilderzeugungseinrichtungen sind mit B, C, D bezeichnet. Die Abstände sind alle unterschiedlich groß. Wenn alle vier Bilderzeugungseinrichtungen dazu in der Lage sind, störungsfrei Bilder der Fahrzeugumgebung an eine Auswertungseinrichtung zu liefern, werden zum Beispiel die Bilderzeugungseinrichtungen 2, 5 (mit einem Abstand, der der Summe der Abstände B und C entspricht) als erstes Stereo-Paar und die Bilderzeugungseinrichtungen 2, 3 (mit Abstand A) als zweites Stereo-Paar betrieben. Die Bilderzeugungseinrichtung 2 steht als Reserve zur Verfügung. Alternativ könnten z. B. die Bilderzeugungseinrichtungen 3, 5 (mit Abstand D) als erstes Stereo-Paar und die Bilderzeugungseinrichtungen 2, 4 (mit Abstand C) als zweites Stereo-Paar betrieben werden.

[0101] Wenn wie in Fig. 9 symbolisch durch ein Kreuz dargestellt die Bilderzeugungseinrichtung 5 ausgefallen oder gestört ist, beginnt eine neue Betriebsphase, bei der die Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4 (mit Abstand E) als erstes Stereo-Paar und die Bilderzeugungseinrichtungen 2, 4 (mit Abstand C) als zweites Stereo-Paar betrieben werden. Auch die Abstände C, E unterscheiden sich deutlich voneinander, so dass die verschiedenen Stereo-Paare gut für die Erfassung unterschiedlicher Tiefenbereiche (das heißt Entfernungsbereiche zum Fahrzeug) geeignet sind.

[0102] Wenn wie in Fig. 10 symbolisch durch ein Kreuz dargestellt die Bilderzeugungseinrichtung 2 ausgefallen oder gestört ist, beginnt nach einer der zu Fig. 8 erwähnten Betriebsphasen eine neue Betriebsphase, bei der die Bilderzeugungseinrichtungen 3, 5 (mit Abstand D) als erstes Stereo-Paar und die Bilderzeugungseinrichtungen 4, 5 (mit Abstand B) als zweites Stereo-Paar betrieben werden. Auch die Abstände B, D unterscheiden sich deutlich voneinander, so dass die verschiedenen Stereo-Paare gut für die Erfassung unterschiedlicher Tiefenbereiche geeignet sind.

[0103] Bei Ausfall oder Störung einer der Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4 gilt entsprechendes wie zu Fig. 9 und 10 erläutert. Es können immer Stereo-Paare mit verschiedenen Abständen gebildet werden.

Patentansprüche

1. Schienenfahrzeug (1) mit einem Bilderzeugungssystem zur Erfassung eines Raumes außerhalb des Schienenfahrzeugs (1), wobei

- das Bilderzeugungssystem vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) aufweist,
- jede der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann,
- eine erste (2) und eine zweite (3) der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem

ersten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein erstes Stereo-Paar (2, 3) bilden, das einen ersten gemeinsamen Teil (8a) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,

- eine dritte (4) und eine vierte (5) der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem zweiten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein zweites Stereo-Paar (4, 5) bilden, das einen zweiten gemeinsamen Teil (8b) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,

und wobei ferner

- der erste gemeinsame Teil (8a) des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) erfasst wird, in größerer Entfernung zu dem Schienenfahrzeug (1) beginnt als der zweite gemeinsame Teil (8b) des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wird,

- der erste gemeinsame Teil (8a) des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) erfasst wird, überwiegend in größeren Entfernungen zu dem Schienenfahrzeug (1) liegt als der zweite gemeinsame Teil (8b) des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wird, und/oder

- das erste Stereo-Paar (2, 3) zur Erfassung eines in größerer Entfernung von dem Schienenfahrzeug angeordneten Raumbereichs als das zweite Stereo-Paar (4, 5) ausgestaltet ist.

2. Schienenfahrzeug nach einem der Anspruch 1, wobei

- der erste Abstand größer ist als der zweite Abstand,

- der Öffnungswinkel der von der ersten und zweiten Bilderzeugungseinrichtung (2, 3) erfassten Raumbereiche kleiner ist als der Öffnungswinkel der von der dritten und vierten Bilderzeugungseinrichtung (4, 5) erfassten Raumbereiche und/oder

- optische Einrichtungen mit der ersten bis vierten Bilderzeugungseinrichtung (2-5) kombiniert sind, sodass der in den erzeugten Bildern scharf erfasste Raumbereich bei dem ersten Stereo-Paar (2, 3) weiter entfernt von dem Schienenfahrzeug (1) liegt als bei dem zweiten Stereo-Paar (4, 5).

3. Schienenfahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Bilderzeugungssystem eine erste Rechneinheit (20a) und eine zweite Rechneinheit (20b) aufweist, die jeweils über Bildsignalverbindungen (10, 11) mit jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) verbunden sind.

4. Schienenfahrzeug nach Anspruch 3, wobei

- die erste Rechneinheit (20a) und die zweite Rechneinheit (20b) ausgestaltet sind, während eines Betriebes des Bilderzeugungssystems unabhängig voneinander aus über die Bildsignalverbindungen (10, 11) empfangenen Bildsignalen Tiefeninformation über eine Tiefe von Bildobjekten (9) zu berechnen, die mit den zweidimensionalen Bildern von einem Paar der vier Bilderzeugungseinrichtungen oder von zwei verschiedenen Paaren der vier Bilderzeugungseinrichtungen erfasst wurden, wobei die Tiefe sich in einer Richtung quer zu einer Bildebene der zweidimensionalen Bilder erstreckt, und/oder

- die erste Rechneinheit (20a) mit einer ersten Sendeeinrichtung (21a) zum Senden von Bildsignalen zu einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten Empfangseinrichtung (63) verbunden ist und die zweite Rechneinheit (20b) mit einer zweiten Sendeeinrichtung (21b) zum Senden von Bildsignalen zu der von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten Empfangseinrichtung (63) verbunden ist.

5. System zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs (1) mit dem Schienenfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 1-4 und mit einer Leitstelle (60), die von dem Schienenfahrzeug (1) entfernt ist, wobei das Schienenfahrzeug (1) eine erste Sendeeinrichtung aufweist, über die während eines Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) und/oder von einer Rechneinheit des Schienenfahrzeugs (1) aus den Bildsignalen erzeugte weiterverarbeitete Bildsignale zu einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten ersten Empfangseinrichtung (63) gesendet werden, wobei die Leitstelle (60) mit der ersten Empfangseinrichtung (63) verbunden ist und während des Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) von der ersten Empfangseinrichtung (63) empfangene Bildsignale erhält, wobei die Leitstelle (60) eine Bilddarstellungseinrichtung (61) aufweist, von der während des Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) aus den empfangenen Bildsignalen Bilder erzeugt und dargestellt werden, wobei die Leitstelle (60) eine Steuervorrichtung (62) aufweist, von der während des Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) Steuersignale zum Steuern eines Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs (1) erzeugt werden, wobei die Leitstelle (60) mit einer zweiten Sendeeinrichtung verbunden ist, über die während des Betriebes die Steuersignale zu einer zweiten Empfangseinrichtung des Schienenfahrzeugs (1) gesendet werden und wobei das Schienenfahrzeug (1) ein Fahrsystem (25) aufweist, das während des Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) die von der Steuervorrichtung (62) der Leit-

stelle (60) erzeugten Steuersignale empfängt und verarbeitet und den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs (1) entsprechend den Steuersignalen ausführt.

6. Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs (1), wobei

- ein Bilderzeugungssystem des Schienenfahrzeugs (1) mit zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) einen Raum außerhalb des Schienenfahrzeugs (1) erfasst,
- jede der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) zweidimensionale Bilder des Raumes erzeugt oder erzeugen kann,
- eine erste und eine zweite der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem ersten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein erstes Stereo-Paar (2, 3) bilden, das einen ersten gemeinsamen Teil (8a) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,
- eine dritte und eine vierte der zumindest vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem zweiten Abstand zueinander an dem Schienenfahrzeug (1) angeordnet sind und ein zweites Stereo-Paar (4, 5) bilden, das einen zweiten gemeinsamen Teil (8b) des Raumes aus unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst,

und wobei ferner

- der erste gemeinsame Teil (8a) des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) erfasst wird, in größerer Entfernung zu dem Schienenfahrzeug (1) beginnt als der zweite gemeinsame Teil (8b) des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wird,
- der erste gemeinsame Teil (8a) des Raumes, der von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) erfasst wird, überwiegend in größeren Entfernungen zu dem Schienenfahrzeug (1) liegt als der zweite gemeinsame Teil (8b) des Raumes, der von dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wird, und/oder
- das erste Stereo-Paar (2, 3) einen in größerer Entfernung von dem Schienenfahrzeug angeordneten Raumbereich erfasst als das zweite Stereo-Paar (4, 5).

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) in einem Frontbereich des Schienenfahrzeugs (1) angeordnet sind und während der Fahrt des Schienenfahrzeugs (1) den gemeinsamen Raumbereich in Fahrtrichtung vor dem Schienenfahrzeug (1) erfassen.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei

- der erste Abstand größer ist als der zweite Abstand,
- der Öffnungswinkel der von der ersten und zweiten Bilderzeugungseinrichtung (2, 3) erfassten Raumbereiche kleiner ist als der Öffnungswinkel der von der dritten und vierten Bilderzeugungseinrichtung (4, 5) erfassten Raumbereiche und/oder
- optische Einrichtungen mit der ersten bis vierten Bilderzeugungseinrichtung (2-5) kombiniert sind, sodass der in den erzeugten Bildern scharf erfasste Raumbereich bei dem ersten Stereo-Paar (2, 3) weiter entfernt von dem Schienenfahrzeug (1) liegt als bei dem zweiten Stereo-Paar (4, 5).

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei eine erste Rechneinheit (20a) des Schienenfahrzeugs (1) als auch eine zweite Rechneinheit (20b) des Schienenfahrzeugs (1) verwendet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei

- die erste bis vierte Bilderzeugungseinrichtung über Bildsignalverbindungen (10, 11) Bildsignale sowohl zu der ersten Rechneinheit (20a) als auch zu der zweiten Rechneinheit (20b) übertragen und die erste Rechneinheit (20a) und die zweite Rechneinheit (20b) unabhängig voneinander aus den Bildsignalen Tiefeninformation über eine Tiefe von Bildobjekten (9) berechnen, die mit den zweidimensionalen Bildern von dem ersten Stereo-Paar (2, 3) und/oder dem zweiten Stereo-Paar (4, 5) erfasst wurden, wobei die Tiefe sich in einer Richtung quer zu einer Bildebene der zweidimensionalen Bilder erstreckt, und/oder
- die erste Rechneinheit (20a) und die zweite Rechneinheit (20b) jeweils über Bildsignalverbindungen (10, 11) Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) empfangen, wobei die erste Rechneinheit (20a) über eine erste Sendeeinrichtung Bildsignale zu einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten Empfangseinrichtung (63) sendet und wobei die zweite Rechneinheit (20b) über eine zweite Sendeeinrichtung Bildsignale zu der von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten Empfangseinrichtung (63) sendet.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) und/oder von einer Rechneinheit des Schienenfahrzeugs (1) aus den Bildsignalen erzeugte weiterverarbeitete Bildsignale über eine Sendeeinrichtung zu einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten ersten Empfangseinrichtung (63) gesendet werden und von der ersten Empfangs-

einrichtung (63) als empfangene Bildsignale empfangen werden, wobei in einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten Leitstelle (60) aus den empfangenen Bildsignalen Bilder erzeugt und dargestellt werden, wobei in der Leitstelle (60) Steuersignale zum Steuern eines Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs (1) erzeugt werden und zu einer zweiten Empfangseinrichtung des Schienenfahrzeugs (1) gesendet werden und wobei der Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs (1) entsprechend den Steuersignalen ausgeführt wird.

12. Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs (1) nach einem der Ansprüche 6-10, als Teil eines Systems, das auch eine Leitstelle (60) aufweist, die von dem Schienenfahrzeug (1) entfernt ist, wobei während eines Betriebes des Schienenfahrzeugs (1) Bildsignale von jeder der vier Bilderzeugungseinrichtungen (2, 3, 4, 5) und/oder von einer Rechneinheit des Schienenfahrzeugs (1) aus den Bildsignalen erzeugte weiterverarbeitete Bildsignale von einer ersten Sendeeinrichtung (21a) des Schienenfahrzeugs (1) zu einer von dem Schienenfahrzeug (1) entfernten ersten Empfangseinrichtung (63) gesendet werden, wobei die Leitstelle (60) von der ersten Empfangseinrichtung (63) empfangene Bildsignale erhält, wobei die Leitstelle (60) mittels einer Bilddarstellungseinrichtung (61) aus den empfangenen Bildsignalen Bilder erzeugt und darstellt, wobei die Leitstelle (60) mittels einer Steuervorrichtung (62) Steuersignale zum Steuern eines Fahrbetriebes des Schienenfahrzeugs (1) erzeugt, wobei die Leitstelle (60) über eine zweite Sendereinrichtung die Steuersignale zu einer zweiten Empfangseinrichtung des Schienenfahrzeugs (1) sendet und wobei ein Fahrsystem (25) des Schienenfahrzeugs (1) die Steuersignale von der zweiten Empfangseinrichtung empfängt und verarbeitet und den Fahrbetrieb des Schienenfahrzeugs (1) entsprechend den Steuersignalen ausführt.

45

50

55

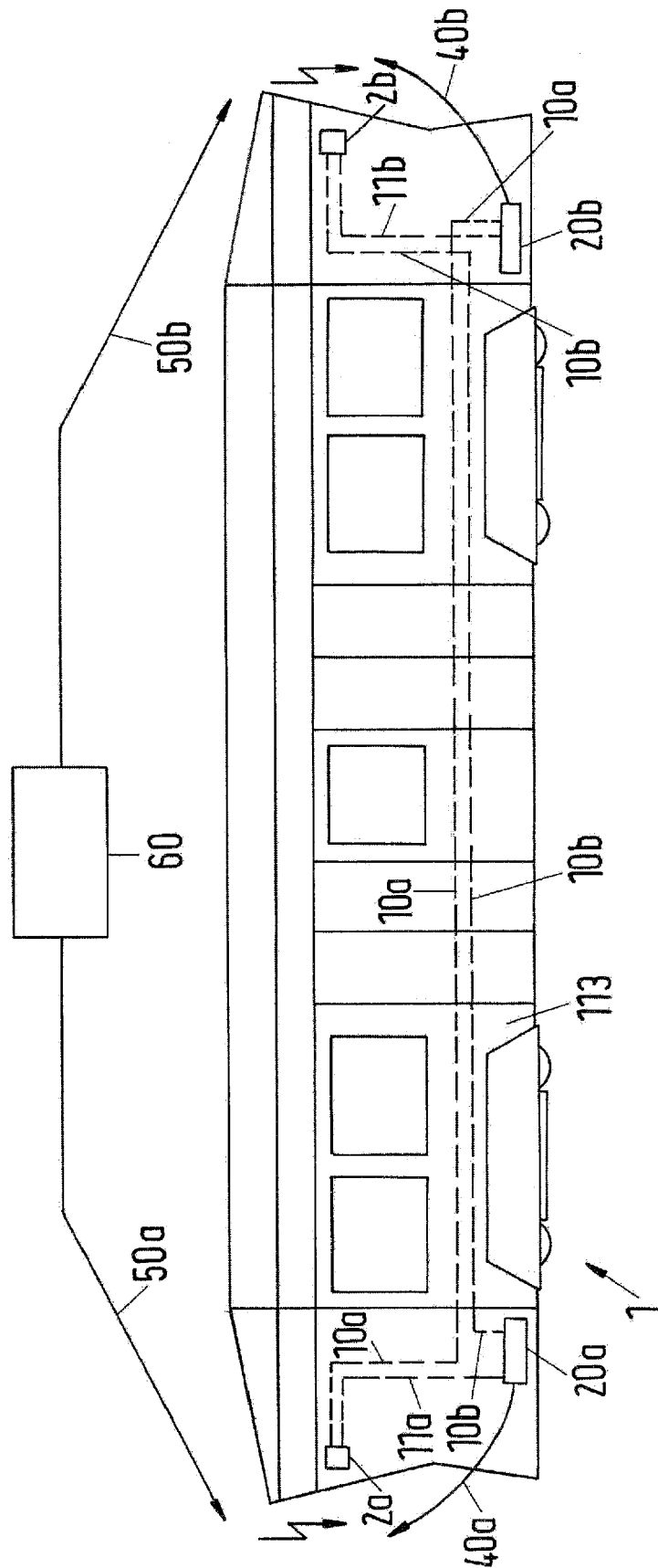


Fig. 1

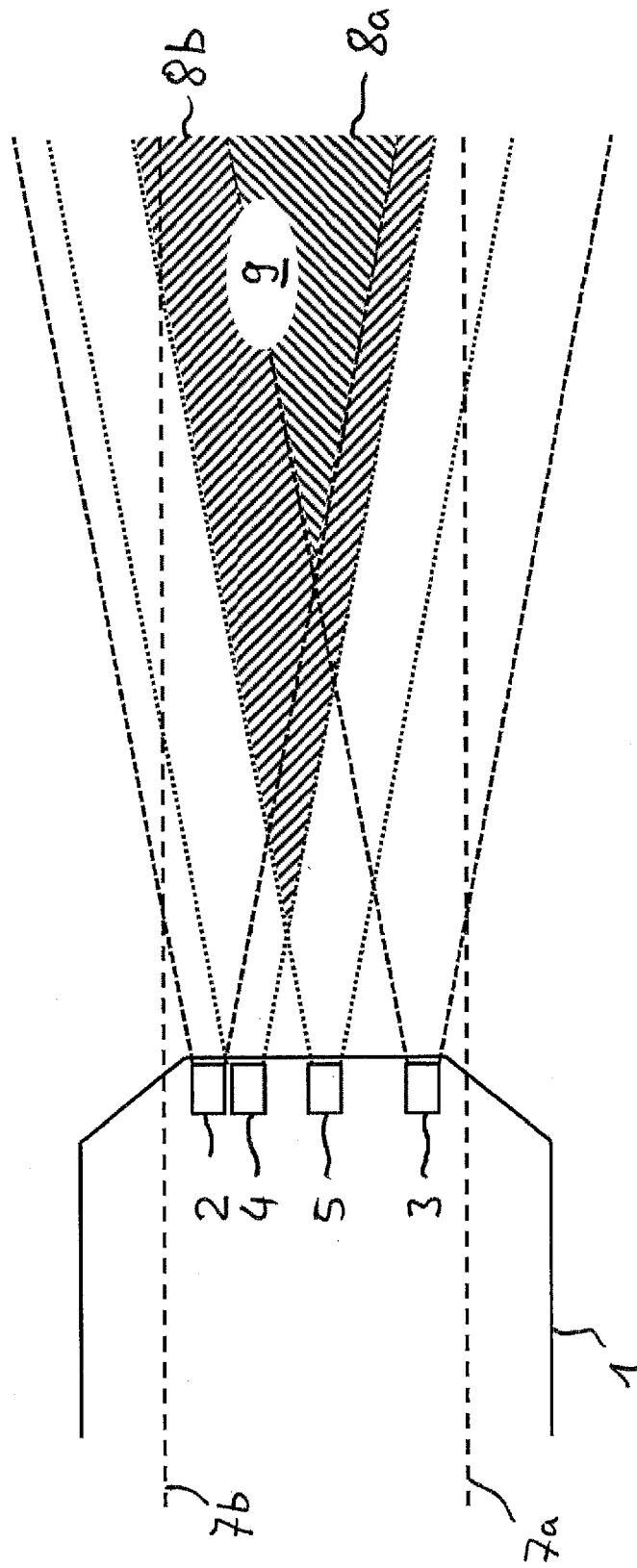
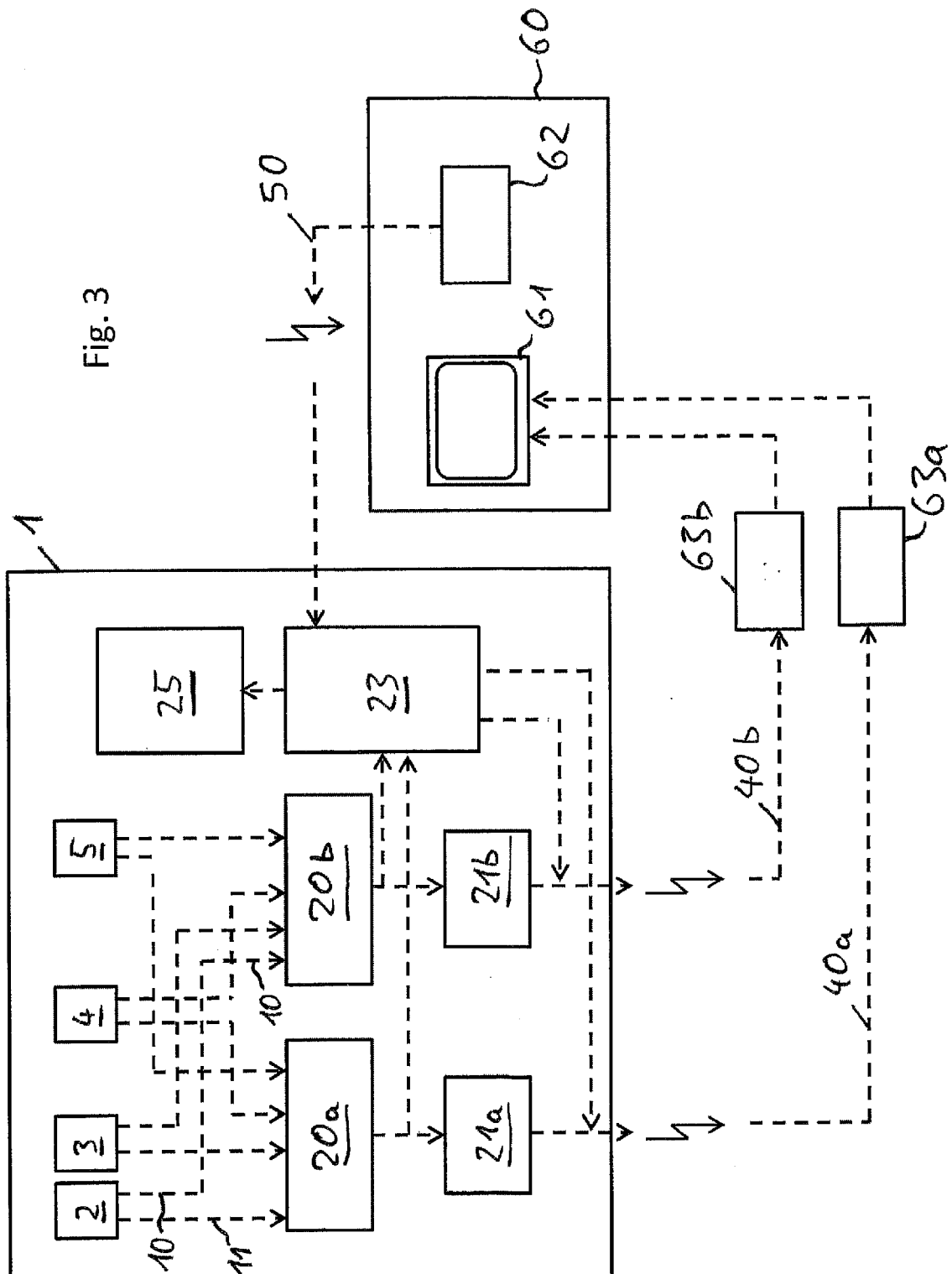


Fig. 2

Fig. 3



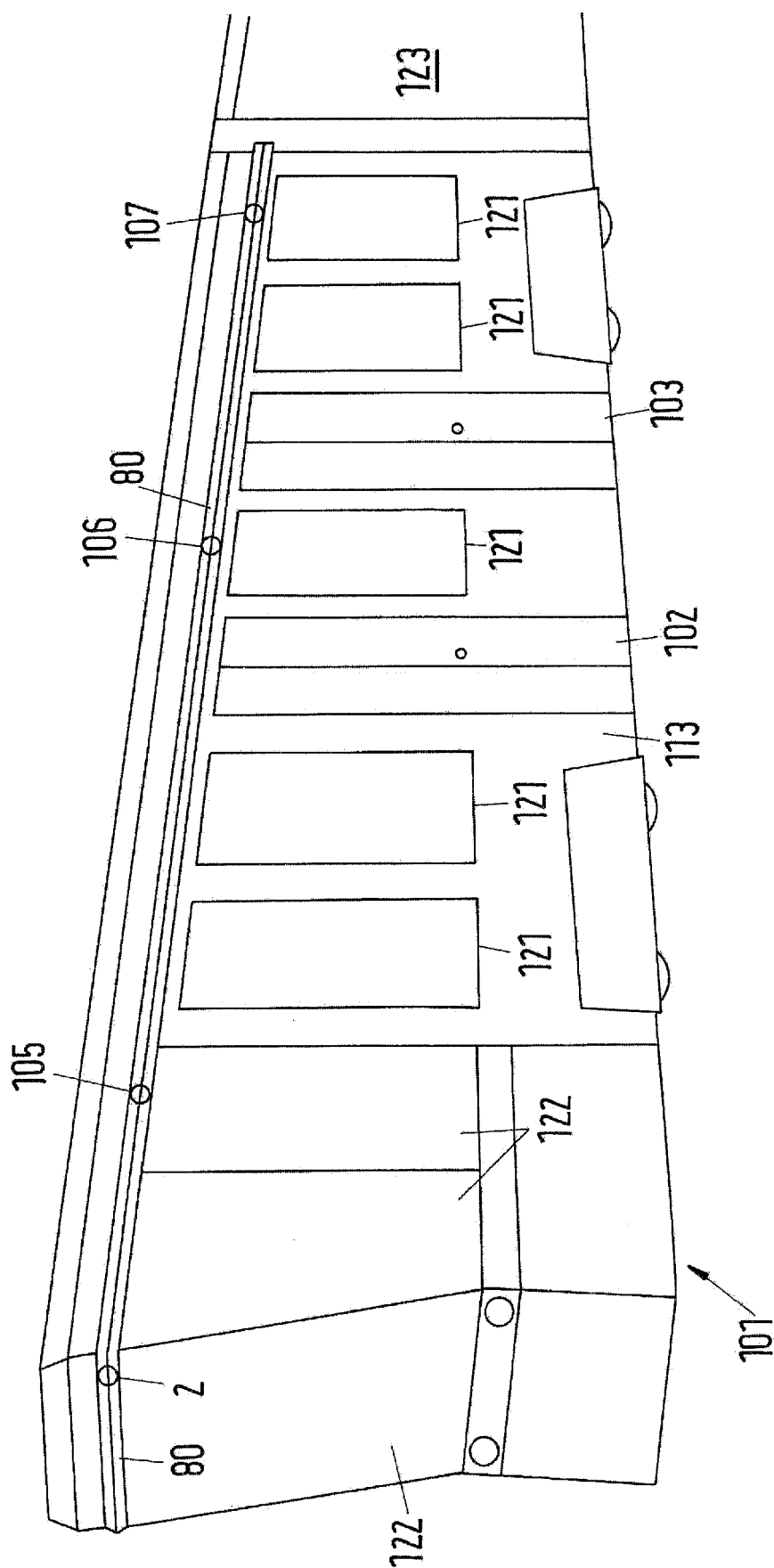


Fig. 4

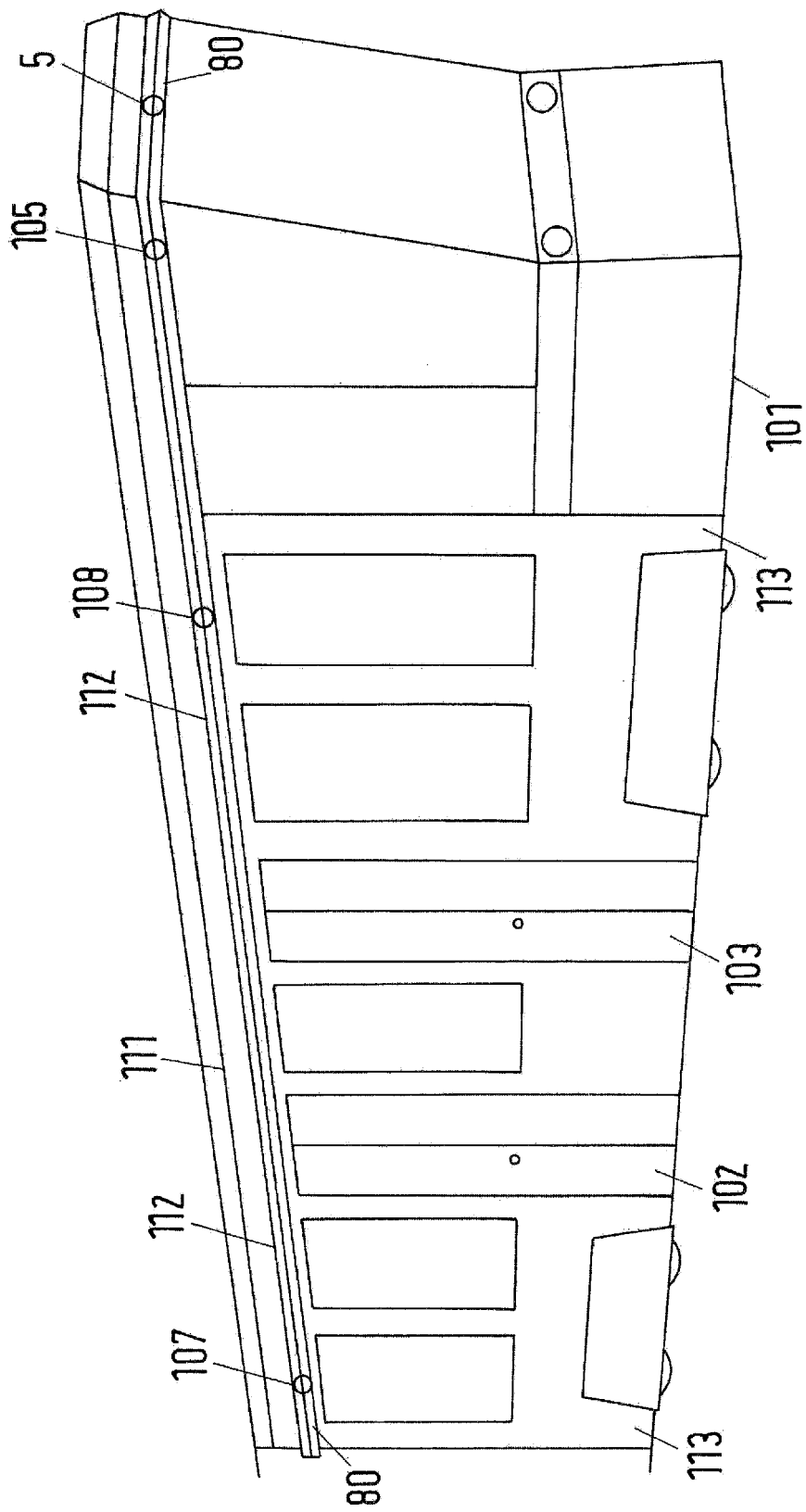


Fig.5

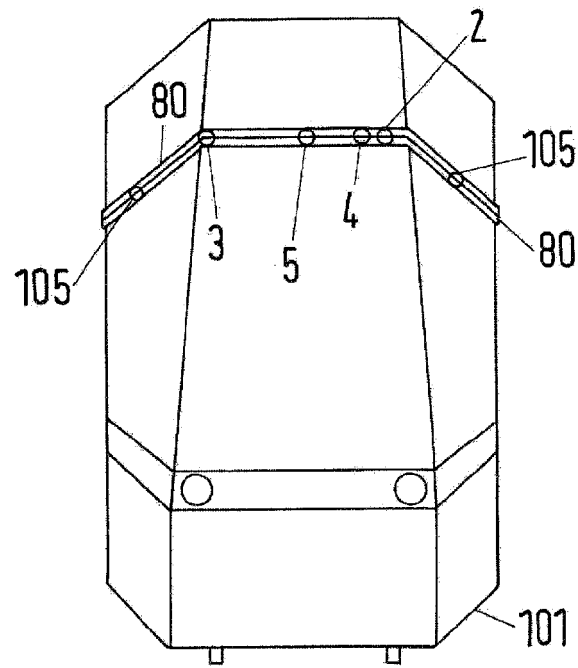


Fig.6

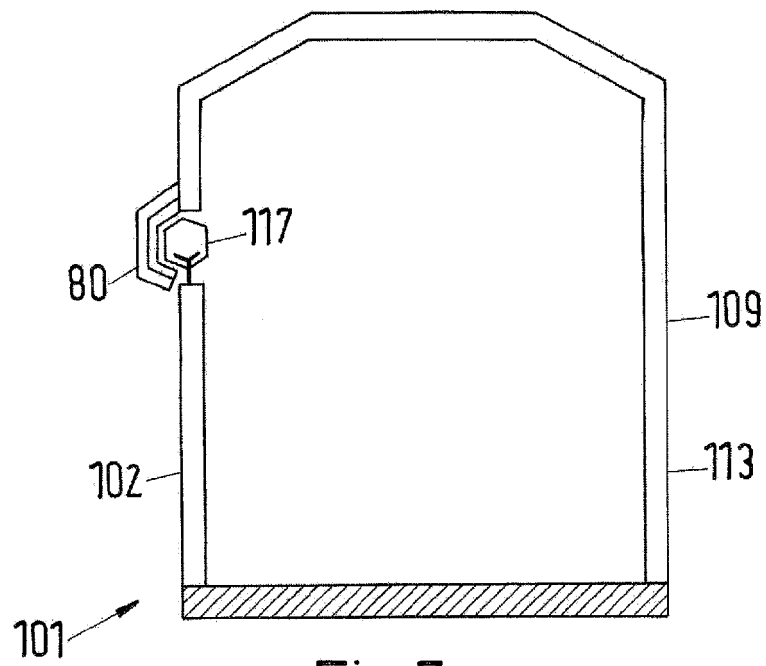


Fig.7

Fig. 8

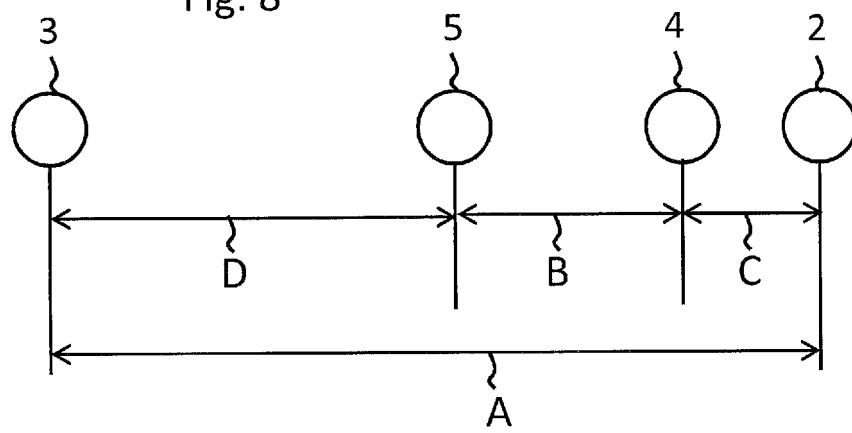


Fig. 9

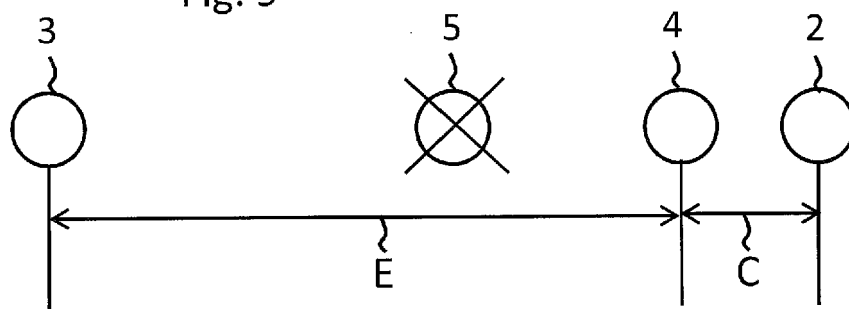
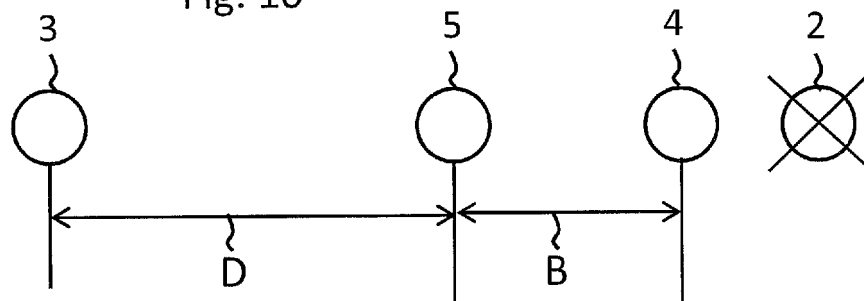


Fig. 10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2014218482 A1 [0006]
- DE 4446452 A1 [0007]