



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 60 174 A1** 2005.07.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 60 174.0**

(22) Anmeldetag: **20.12.2003**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G01V 8/20**
F16P 3/14

(71) Anmelder:

**Leuze lumiflex GmbH + Co. KG, 82256
Fürstenfeldbruck, DE**

(74) Vertreter:

**Ruckh, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 73277
Owen**

(72) Erfinder:

Lohmann, Lutz, Dr., 82140 Olching, DE

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

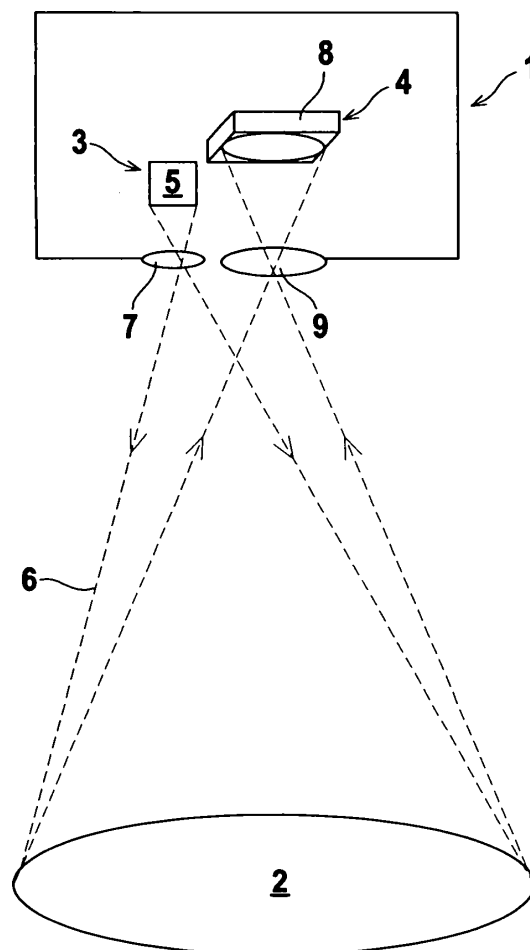
DE 195 11 990 C2
DE 198 33 207 A1
DE 198 21 974 A1
DE 196 45 175 A1
DE 195 44 632 A1
DE 100 26 305 A1
DE 100 00 287 A1
EP 11 68 269 A2
EP 11 48 353 A2
EP 11 48 352 A2
EP 08 75 771 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (2) an einem Arbeitsmittel mit einer Lichtstrahlen (6) emittierenden Beleuchtungseinheit (3) zur Beleuchtung des Erfassungsbereichs (2) und mit einer Kamera (4) zur Ermittlung dreidimensionaler Bilder des Erfassungsbereichs (2). Die Kamera (4) weist eine matrixförmige Anordnung von Empfangselementen auf, deren Ausgangssignale in einer Auswerteeinheit (10) ausgewertet werden, wobei für jedes Empfangselement ein Distanzwert aus der Lichtlaufzeit der von der Beleuchtungseinheit (3) emittierten und aus dem Erfassungsbereich (2) zurückreflektierten Lichtstrahlen (6) ermittelt wird. Mit der Auswerteeinheit (10) wird wenigstens ein auf das Arbeitsmittel geführter Schaltausgang (13) angesteuert, so dass das Arbeitsmittel nur dann in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein Objekt im Erfassungsbereich (2) befindet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel.

Stand der Technik

[0002] Das Arbeitsmittel kann ein mobiles System bilden. Beispiele für derartige Arbeitsmittel sind Transportfahrzeuge wie Flurförderfahrzeuge. Bei derartigen Systemen muss als Erfassungsbereich das Vorfeld des Transportfahrzeugs überwacht werden, um Kollisionen mit Personen oder Gegenständen zu vermeiden. Die Arbeitsmittel können weiterhin stationäre Systeme wie Maschinen bilden, wobei in diesem Fall Maschinenteile gefahrbringende Bewegungen ausführen. In diesem Fall ist der zu überwachende Erfassungsbereich so zu dimensionieren, dass die Bereiche in welchen gefahrbringende Bewegungen ausgeführt werden, überwacht werden können. Ein Beispiel für ein derartiges Arbeitsmittel ist ein Montageroboter, welcher zum Montieren von Werkstücken dient. Derartige Montageroboter stellen ein hohes Gefahrenpotential für die jeweilige Bedienungsperson dar, da diese die Werkstücke üblicherweise manuell am Montageroboter einführen muss.

[0003] Zur Absicherung derartiger Erfassungsbereiche werden üblicherweise Schutzeinrichtungen eingesetzt, die bei einem unkontrollierten Eingriff der Bedienungsperson in einen derartigen Erfassungsbereich das Arbeitsmittel außer Betrieb setzen.

[0004] Derartige Schutzeinrichtungen können insbesondere als Zweihandschaltungen ausgebildet sein. Diese Zweihandschaltungen schützen die Hände der Bedienungsperson dadurch, dass zum Auslösen und Aufrechterhalten einer gefahrbringenden Bewegung zwei Hebel aktiv betätigt werden müssen. Dadurch muss die Bedienungsperson beide Hände an den Hebeln halten und ist so bei der Bedienung eines Arbeitsmittels vor Verletzungen geschützt. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass weitere Personen im Erfassungsbereich ungeschützt sind.

[0005] Für den Fall, dass das Arbeitsmittel als Montageroboter ausgebildet ist, ist zudem nachteilig, dass sich der Arbeitstakt des Montageroboters verringert, wodurch dessen Verfügbarkeit unnötig eingeschränkt wird.

[0006] Weiterhin werden als Schutzeinrichtungen Sicherheits-Lichtvorhänge eingesetzt. Ein derartiger Sicherheits-Lichtvorhang ist beispielsweise aus der DE 39 39 191 C3 bekannt. Diese Sicherheits-Lichtvorhänge bestehen aus mehreren Paaren von Sendern und Empfängern, welche jeweils eine Lichtschranke bilden. Mit derartigen Schutzeinrichtungen wird ein ebener, zweidimensionaler Überwachungs-

bereich abgedeckt.

[0007] Nachteilig bei derartigen Schutzeinrichtungen ist, dass zu einer kompletten Absicherung des Erfassungsbereichs an einem Montageroboter, insbesondere hinsichtlich des Zugriffsschutzes und der Bereichssicherung eine Vielzahl von Schutzeinrichtungen benötigt wird. Dies stellt nicht nur einen unerwünscht hohen Kostenaufwand dar, sondern erfordert auch eine aufwendige Montage, wobei oftmals nur unzureichend Platz für deren Anbringung zur Verfügung steht.

[0008] Weiterhin ist nachteilig, dass derartige Schutzeinrichtungen nicht zur Überwachung von Erfassungsbereichen an mobilen Arbeitsgeräten geeignet sind.

[0009] Die EP 0 902 402 A2 betrifft ein Verfahren zur optischen Überwachung eines Raumbereichs, insbesondere des Türbereichs eines Aufzuges. Der Raumbereich wird mittels einer Kamera überwacht. Alternativ können mehrere Kameras vorgesehen sein, mittels derer jeweils unterschiedliche Segmente des Raumbereichs überwacht werden. Die oder jede Kamera ist als digitale Kamera ausgebildet und weist ein Kameramodul, einen A/D-Wandler, eine Auswerteeinheit, einen Mikroprozessor und einen Bildspeicher auf. Zur Überwachung des Raumbereichs erfolgt in der Auswerteeinheit ein pixelweiser Vergleich von Grauwerten eines aktuellen Bildes mit Grauwerten eines Referenzbildes. Dabei werden die Differenzen zwischen den Grauwerten des aktuellen Bildes und den Grauwerten des Referenzbildes gebildet. Zudem überwacht der Mikroprozessor die Funktionsfähigkeit der Kamera dadurch, dass das Unter- und/oder Überschreiten einer Grundhelligkeit des aktuellen Bildes festgestellt wird.

[0010] Nachteilig hierbei ist, dass der Referenzbildvergleich umgebungsabhängig und damit störanfällig ist. Insbesondere Fremdlichteinflüsse können zu Fehldetektionen bei der Objekterfassung führen.

Aufgabenstellung

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zu schaffen, welches eine sichere Überwachung eines Erfassungsbereichs sowohl an stationären als auch an mobilen Arbeitsmitteln gewährleistet.

[0012] Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0013] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel. Die Vorrichtung weist eine Lichtstrahlen

emittierende Beleuchtungseinheit zur Beleuchtung des Erfassungsbereichs auf. Ebenso beinhaltet die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Kamera zur Ermittlung dreidimensionaler Bilder des Erfassungsbereichs. Die Kamera weist eine matrixförmige Anordnung von Empfangselementen auf, deren Ausgangssignale in einer Auswerteeinheit ausgewertet werden. Für jedes Empfangselement wird ein Distanzwert aus der Lichtlaufzeit der von der Beleuchtungseinheit emittierten und aus dem Erfassungsbereich zurückreflektierten Lichtstrahlen ermittelt. Mit der Auswerteeinheit wird wenigstens ein auf das Arbeitsmittel geführter Schaltausgang angesteuert, so dass das Arbeitsmittel nur dann in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein Objekt im Erfassungsbereich befindet.

[0014] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass mit der Kamera nicht nur eine zweidimensionale Flächeninformation von dem zu überwachenden Erfassungsbereich, sondern durch die durchgeführten Distanzmessungen zusätzlich eine Tiefeninformation erhalten wird. Damit kann eine Objekterfassung innerhalb des Erfassungsbereichs ohne Durchführung eines Referenzbildvergleichs durchgeführt werden. Insbesondere können auch Objekte vor einem Hintergrund sicher erfasst werden, wobei die Objektdetektion weitgehend unabhängig von Umgebungseinflüssen wie der Beschaffenheit des Hintergrunds oder Fremdlichteinstrahlungen ist.

[0015] Weiterhin ist vorteilhaft, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung eine kompakte Baueinheit bildet, die zur Überwachung von Erfassungsbereichen an mobilen und stationären Arbeitsmitteln eingesetzt werden kann. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Vorrichtung an Roboterarmen angebracht werden, um bei Robotern den Gefahrenbereich im Umfeld des Roboterarmes zu erfassen. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Vorrichtung an Transportfahrzeugen wie zum Beispiel Flurförderfahrzeugen angebracht werden, so dass das Vorfeld dieser Fahrzeuge als Erfassungsbereich überwacht wird.

[0016] Zum Schutz von Personen und Gegenständen wird mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt, wenn ein Objekteingriff im Erfassungsbereich registriert wird. Im einfachsten Fall erfolgt die Deaktivierung des Arbeitsmittels dann, wenn ein beliebiges Objekt in den Erfassungsbereich eindringt. Generell kann eine Deaktivierung des Arbeitsmittels über die erfindungsgemäße Vorrichtung erfolgen, wenn ein Objekt oder speziell ein sicherheitskritisches Objekt innerhalb des gesamten Erfassungsbereichs detektiert wird.

[0017] Alternativ können auch innerhalb des Erfassungsbereichs Schutzzonen und nicht sicherheitskritische Bereiche definiert werden, wobei nur Objekterfassungen in den nicht sicherheitskritischen Berei-

chen nicht zur Deaktivierung des Arbeitsmittels führen. Durch ein derartiges Ausblenden von Bereichen wird die Verfügbarkeit des Arbeitsmittels erhöht, da unnötige Stillstandszeiten infolge von Abschaltbefehlen aufgrund von Objektdetektionen in diesen Bereichen vermieden werden.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt eine Unterscheidung von sicherheitskritischen Objekten und nicht sicherheitskritischen Objekten. Nicht sicherheitskritische Objekte können beispielsweise von zu bearbeitenden Werkstücken, Maschinenteilen, stationären Gebäudeteilen und dergleichen gebildet sein. Derartige nicht sicherheitskritische Objekte führen generell zu keiner Gefährdung für Personen. Damit würde ein durch die Detektion derartiger nicht sicherheitskritischer Objekte bewirktes Deaktivieren des Arbeitsmittels eine unnötige Stillstandszeit und damit eine Reduzierung der Verfügbarkeit des Arbeitsmittels bedeuten.

[0019] Zweckmäßigerweise werden die Konturen und gegebenenfalls auch die Bahnen derartiger nicht sicherheitskritischer Objekte in einem Einlernvorgang eingelernt. Dann werden während der an den Einlernvorgang anschließenden Betriebsphase sämtliche Objekte, die nicht den eingelernten nicht sicherheitskritischen Objekte entsprechen, als sicherheitskritische Objekte klassifiziert, so dass deren Erfassung innerhalb des Erfassungsbereichs zu einem Deaktivieren des Arbeitsmittels führt. Damit wird ein Höchstmaß an Sicherheit bei der Überwachung des Erfassungsbereichs gewährleistet, da nur die zuvor eingelernten nicht sicherheitskritischen Objekte bei Eindringen in den Erfassungsbereich nicht zu einer Deaktivierung des Arbeitsmittels führen.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird insbesondere im Bereich des Personenschutzes eingesetzt. Zur Erfüllung des geforderten Sicherheitsniveaus ist die Sensoreinheit der Vorrichtung zweckmäßig selbstsicher ausgeführt, in dem in der Sensoreinheit eine Eigenfehlerkontrolle durchgeführt wird. Vorteilhaft hierbei ist, dass die Sensoreinheit hierbei einen einkanaligen Aufbau aufweisen kann. Demgegenüber weist die der Sensoreinheit nachgeordnete Auswerteeinheit bevorzugt einen zweikanaligen Aufbau auf.

[0021] Die Erfindung wird im Nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0022] [Fig. 1](#): Schematische Darstellung der optischen Komponenten einer Vorrichtung zur Erfassung von Objekten.

[0023] [Fig. 2](#): Blockschaltbild der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#).

[0024] [Fig. 3](#): Zeitdiagramme zur Distanzbestim-

mung nach dem Puls-Laufzeit-Verfahren für die Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#).

[0025] [Fig. 4](#): Anordnung einer Vorrichtung gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) an einem Flurförderfahrzeug.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt schematisch die optischen Komponenten einer Vorrichtung **1** zur Überwachung eines Erfassungsbereichs **2** an einem Arbeitsmittel. Das in [Fig. 1](#) nicht dargestellte Arbeitsmittel ist von einer Maschine, einer Anlage oder einem Fahrzeug gebildet. Durch Arbeitsvorgänge, die mit dem Arbeitsmittel durchgeführt werden, entsteht im Bereich des Arbeitsmittels ein Gefahrenbereich, welcher innerhalb des Erfassungsbereichs **2** von der Vorrichtung **1** überwacht wird.

[0027] Die optischen Komponenten der Vorrichtung **1** bilden eine Sensoreinheit bestehend aus einer Beleuchtungseinheit **3** und einer Kamera **4**. Die Beleuchtungseinheit **3** weist im vorliegenden Fall einen als Laserdiode ausgebildeten Sender **5** auf, welcher Lichtstrahlen **6** emittiert. Alternativ kann der Sender **5** von einer Leuchtdiode gebildet sein. Weiterhin kann die Beleuchtungseinheit **3** auch Anordnungen von mehreren Laserdioden oder Leuchtdioden aufweisen. Die Beleuchtungseinheit **3** weist als weitere Komponente eine dem Sender **5** nachgeordnete Sendeoptik **7** auf. Mit der Sendeoptik **7** erfolgt eine Strahlformung der Lichtstrahlen **6** derart, dass mit den Lichtstrahlen **6** der zu überwachende Erfassungsbereich **2** komplett ausgeleuchtet wird.

[0028] Die Kamera **4** weist eine matrixförmige, insbesondere rechteckige oder quadratische Anordnung von Empfangselementen auf. Im vorliegenden Fall weist die Kamera **4** einen CMOS-Chip **8** mit einer rechteckigen Anordnung von Empfangselementen auf. Alternativ kann die Kamera **4** einen entsprechenden CCD-Chip aufweisen.

[0029] Die Kamera **4** weist weiterhin eine dem CMOS-Chip **8** vorgeordnete Empfangsoptik **9** auf. Mittels der Empfangsoptik **9** werden die aus dem Erfassungsbereich **2** zurückreflektierten Lichtstrahlen **6** auf die Empfangselemente des CMOS-Chips **8** fokussiert.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaltbild der Vorrichtung **1** gemäß [Fig. 1](#). Der Sender **5** der Beleuchtungseinheit **3** und die Kamera **4** sind an eine zweikanalige Auswerteeinheit **10** angeschlossen, die im vorliegenden Fall von zwei identischen sich gegenseitig überwachenden Rechneinheiten **11**, **11'** gebildet ist.

[0031] Mit der Auswerteeinheit **10** wird einerseits die Beleuchtungseinheit **3** angesteuert. Andererseits erfolgt in der Auswerteeinheit **10** die Auswertung der Ausgangssignale der Empfangselemente der Kame-

ra **4**. Dabei werden zur Ermittlung dreidimensionaler Bilder des Erfassungsbereichs **2** beziehungsweise von im Erfassungsbereich **2** angeordneten Objekten für sämtliche Empfangselemente fortlaufend jeweils ein Distanzwert aus der Lichtlaufzeit der von der Beleuchtungseinheit **3** emittierten und aus dem Erfassungsbereich **2** zurückreflektierten Lichtstrahlen **6** ermittelt.

[0032] An die Auswerteeinheit **10** ist eine Ausgangsschaltung **12** mit einem Schaltausgang **13** und einem Warnausgang **14** angeschlossen.

[0033] In der Auswerteeinheit **10** wird in Abhängigkeit der Auswertung der Ausgangssignale der Empfangselemente ein binäres Schaltsignal generiert und über den Schaltausgang **13** ausgegeben, mittels dessen das Arbeitsmittel aktivierbar oder deaktivierbar ist. Bei der Detektion eines Objekteingriffs im Erfassungsbereich **2** wird ein Schaltzustand des Schaltsignals generiert, der zur Deaktivierung, das heißt zum Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels führt. Weiterhin wird in der Auswerteeinheit **10** bei Bedarf ein Warnsignal generiert, welches über den Warnausgang **14** ausgebbar ist.

[0034] Gemäß einer ersten Variante erfolgt die Distanzmessung mit der Sensoreinheit nach einem Phasenmessverfahren. Zur Durchführung der Phasenmessung ist den Lichtstrahlen **6** des Senders **5** eine Amplitudenmodulation mit einer vorgegebenen Modulationsfrequenz aufgeprägt. Zur Erhöhung des Eindeutigkeitsbereichs der Phasenmessung und damit des erfassbaren Distanzbereichs können den Lichtstrahlen **6** auch mehrere Amplitudenmodulationen mit unterschiedlichen Modulationsfrequenzen aufgeprägt sein. Bei der Phasenmessung wird für jedes Empfangselement des CMOS-Chips **8** die Phasendifferenz der dort auftreffenden, aus dem Erfassungsbereich **2** zurückreflektierten Lichtstrahlen **6** bezüglich der vom Sender **5** emittierten Lichtstrahlen **6** ermittelt. Aus diesen Phasendifferenzen werden in der Auswerteeinheit **10** jeweils Distanzwerte berechnet. Aus der Gesamtheit des für die Empfangselemente ermittelten Distanzwerte werden dreidimensionale Bilder von Objekten im Überwachungsbereich erhalten.

[0035] Gemäß einer zweiten Variante erfolgt die Distanzmessung mit der Sensoreinheit nach einem Puls-Laufzeit-Verfahren. In diesem Fall emittiert der Sender **5** Lichtstrahlen **6** in Form von Lichtimpulsen. Zur Distanzbestimmung wird dabei für jedes Empfangselement die Laufzeit jeweils eines Lichtimpulses vom Sender **5** zum Erfassungsbereich **2** und zurück zur Kamera **4** ausgewertet. Aus der Gesamtheit aller Distanzwerte für die einzelnen Empfangselemente werden dann wieder dreidimensionale Bilder von Objekten innerhalb des Erfassungsbereichs **2** erhalten.

[0036] **Fig. 3** zeigt schematisch das Prinzip der Distanzmessung nach einem Puls-Laufzeit-Verfahren. Das erste Diagramm in **Fig. 3** zeigt die Folge der vom Sender **5** emittierten Lichtimpulse, in **Fig. 3** als Sendelichtimpulse bezeichnet. Die Sendelichtimpulse weisen jeweils dieselbe Pulsdauer T auf. Auch die Pulspausen zwischen zwei Sendelichtimpulsen sind konstant. Das dritte Diagramm in **Fig. 3** zeigt die vom Sender **5** emittierten und von einem Objekt im Abstand d zur Vorrichtung **1** auf ein Empfangselement zurückreflektierten Lichtimpulse, in **Fig. 3** als Empfangslichtimpulse bezeichnet. Entsprechend der Lichtlaufzeit eines Lichtimpulses vom Sender **5** zum Objekt und zurück zum Empfangselement ist jeder Empfangslichtimpuls gegenüber dem zugehörigen Sendelichtimpuls um die Zeitdauer $\Delta T = 2d/c$ verzögert. Dabei ist d die Distanz des Objekts zur Vorrichtung **1** und c die Lichtgeschwindigkeit. Zur Distanzbestimmung kann die Zeitdauer ΔT prinzipiell durch ein Zählverfahren ermittelt werden. Dabei wird mit der Emission eines Sendelichtimpulses, vorzugsweise mit dessen steigender Flanke, ein durch einen Oszillator gesteuerter Zähler gestartet. Mit dem Empfang des zugehörigen Empfangslichtimpulses, vorzugsweise mit deren steigender Flanke, wird der Zähler gestoppt.

[0037] Im vorliegenden Fall wird die Zeitdauer ΔT mittels eines Integrationsverfahrens bestimmt. Das zweite Diagramm in **Fig. 3** zeigt Folgen von Integrationsintervallen, während derer das durch den jeweiligen Empfangslichtimpuls am Empfangselement generierte Ausgangssignal aufintegriert wird. Wie aus **Fig. 3** ersichtlich erstrecken sich die einzelnen Integrationsintervalle jeweils über die Dauer eines Sendelichtimpulses, das heißt das Ausgangssignal am Empfangselement wird jeweils nur während der Emission eines Sendelichtimpulses integriert. Da jeder Empfangslichtimpuls bezüglich des zugehörigen Sendelichtimpulses um ΔT verzögert ist, fällt jeweils nur ein Teil des Empfangslichtimpulses in das entsprechende Integrationsintervall. Dementsprechend wird beispielsweise für den ersten Empfangslichtimpuls das Ausgangssignal nur während des Zeitintervalls zwischen t_a und t_b aufintegriert.

[0038] Das so erhaltene integrierte Ausgangssignal U ist im vierten Diagramm von **Fig. 3** dargestellt.

[0039] Zur Ermittlung von ΔT werden innerhalb jedes Integrationsintervalls zwei Messpunkte des integrierten Ausgangssignals ausgewählt. Die Lage der Messpunkte wird dabei so gewählt, dass diese in einem Zeitintervall liegen, innerhalb dessen gerade der Empfangslichtimpuls auf das Empfangselement auftrifft.

[0040] Für das erste Integrationsintervall werden die Messpunkte U_1 , U_2 zu den Zeiten t_1 , t_2 gewählt. Aus diesen Messpunkten wird ΔT gemäß folgender

Beziehung ermittelt:

$$\Delta T = (U_2 t_1 - U_1 t_2) / (U_2 - U_1)$$

[0041] Anhand der für die einzelnen Empfangselemente der Kamera **4** durchgeführten Distanzmessungen werden dreidimensionale Bilder von Objekten erhalten, anhand derer insbesondere Objekte auch vor Hintergrundflächen beliebiger Oberflächenbeschaffenheit detektiert werden können.

[0042] Für den Einsatz der Vorrichtung **1** im Bereich des Personenschutzes muss diese den Anforderungen des entsprechenden Sicherheitsniveaus genügen. Hierzu weist die Auswerteeinheit **10** einen redundanten, zweikanaligen Aufbau mit zwei sich gegenseitig überwachenden Rechereinheiten **11**, **11'** auf.

[0043] Die Sensoreinheit, insbesondere die Kamera **4** weist einen einkanaligen Aufbau auf. Zur Erzielung des geforderten Sicherheitsniveaus wird für die Sensoreinheit eine Eigenfehlerkontrolle durchgeführt, so dass diese selbstsicher ist.

[0044] Für den Fall, dass die Distanzmessung bei der Vorrichtung **1** nach einem Puls-Laufzeit-Verfahren erfolgt, wird zur Durchführung der Eigenfehlerkontrolle in vorgegebenen Zeitabständen die Aussendung eines Sendelichtimpulses verzögert und die dadurch bewirkte Veränderung der Distanzmessung für die einzelnen Empfangselemente in der Auswerteeinheit **10** kontrolliert.

[0045] Entsprechend wird für den Fall, dass die Distanzmessung nach einem Phasenmessverfahren erfolgt, die Phase der den Lichtstrahlen **6** aufgeprägten Amplitudenmodulation verschoben und die dadurch bewirkte Veränderung der Distanzmessung für die einzelnen Empfangselemente kontrolliert.

[0046] Bei der Objektdetektion mittels der Vorrichtung **1** kann in der Auswerteeinheit **10** generell ein Schaltsignal zur Deaktivierung des Arbeitsmittels generiert werden, wenn ein beliebiges Objekt im Erfassungsbereich **2** registriert wird.

[0047] Alternativ können mit der Vorrichtung **1** sicherheitskritische Objekte und nicht sicherheitskritische Objekte unterschieden werden, wobei nur das Eindringen von sicherheitskritischen Objekten in den Erfassungsbereich **2** zur Deaktivierung des Arbeitsmittels führt.

[0048] Derartige nicht sicherheitskritische Objekte können beispielsweise von Maschinenteilen, insbesondere Teilen des Arbeitsmittels, Werkstücken, die mittels des Arbeitsmittels bearbeitet werden, oder auch von stationären Teilen wie Gebäudeteilen gebildet sein. Generell führt ein Eingriff derartiger nicht si-

cherheitskritischer Objekte in den Erfassungsbereich **2** nicht zu einer Gefährdung, insbesondere von Personen.

[0049] Um ein unnötiges Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels bei Eindringen eines nicht sicherheitskritischen Objektes in den Erfassungsbereich **2** zu vermeiden, werden während eines Einlernvorgangs die Konturen und gegebenenfalls die Bahnen von nicht sicherheitskritischen Objekten, falls sich diese immer entlang derartiger Bahnen bewegen, erfasst und in der Auswerteeinheit **10** abgespeichert.

[0050] Während des nachfolgenden Betriebs der Vorrichtung **1** werden im Erfassungsbereich **2** detektierte Objekte mit den abgespeicherten nicht sicherheitskritischen Objekten beziehungsweise gegebenenfalls deren Bahnen in der Auswerteeinheit **10** verglichen. Wird dabei keine Übereinstimmung eines detektierten Objektes mit einem nicht sicherheitskritischen Objekt festgestellt, wird das detektierte Objekt als sicherheitskritisches Objekt klassifiziert und ein Schaltsignal zur Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels generiert.

[0051] Die Vorrichtung **1** kann an stationären und insbesondere an mobilen Arbeitsmitteln zur Absicherung von Gefahrenbereichen im Bereich dieser Arbeitsmittel angeordnet sein. Beispielsweise kann die Vorrichtung **1** an einem Roboterarm angeordnet sein, wobei in diesem Fall der Roboter das Arbeitsmittel bildet und durch Bewegungen des Roboterarms Gefährdungen für Personen entstehen können.

[0052] [Fig. 4](#) zeigt schematisch eine Anordnung der Vorrichtung **1** an einem ein Arbeitsmittel bildenden Flurförderfahrzeug **15**. Dabei ist die Vorrichtung **1** an der Frontseite des Flurförderfahrzeugs **15** montiert. Der von der Vorrichtung **1** überwachte Erfassungsbereich **2** umfasst das Vorfeld vor dem Flurförderfahrzeug **15**. Die Vorrichtung **1** dient damit zur Vermeidung von Kollisionen des Flurförderfahrzeugs **15** mit Personen und Gegenständen. Hierzu kann in der Vorrichtung **1** prinzipiell dann ein Schaltsignal zum Anhalten des Flurförderfahrzeugs **15**, das heißt zum Deaktivieren des Arbeitsmittels generiert werden, falls ein Objekt oder ein sicherheitskritisches Objekt im Erfassungsbereich **2** registriert wird.

[0053] Bei dem Ausführungsbeispiel ist der Erfassungsbereich **2** in ein Schutzfeld **16** und einen nicht sicherheitskritischen Bereich unterteilt, wobei dieser Bereich im vorliegenden Fall eine Warnzone **17** bildet. Generell ist auch eine Aufteilung des Erfassungsbereichs **2** in mehrere Schutzfelder **16** und/oder nicht sicherheitskritische Bereiche möglich.

[0054] Dabei erfolgt eine Generierung eines Schaltsignals zur Deaktivierung des Arbeitsmittels nur dann, wenn ein Objekt beziehungsweise ein sicher-

heitskritisches Objekt, in dem oder in einem Schutzfeld **16** innerhalb des Erfassungsbereichs **2** registriert wird. Bei einem Objekteingriff in einen nicht sicherheitskritischen Bereich erfolgt jedoch keine Deaktivierung des Arbeitsmittels.

[0055] Im vorliegenden Fall ist der nicht sicherheitskritische Bereich als Warnzone **17** ausgebildet. Dies bedeutet, dass bei einem Objekteingriff in der Warnzone **17** ein Warnsignal generiert wird, welches über den Warnausgang **14** ausgegeben wird.

[0056] Wie aus [Fig. 4](#) ersichtlich umfasst das Schutzfeld **16** den unmittelbaren Nahbereich vor dem Flurförderfahrzeug **15**, während der nicht sicherheitskritische Bereich zu großen Distanzen hin an das Schutzfeld **16** anschließt. Dabei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass eine Gefahr für Personen dann vorliegt, falls sich diese unmittelbar vor dem Fahrzeug aufhalten.

[0057] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird die Segmentierung des Erfassungsbereichs **2** in das Schutzfeld **16** und die Warnzone **17** abhängig von der Geschwindigkeit des Flurförderfahrzeugs **15** gewählt. Dabei ist die Schutzzone im Vergleich zur Warnzone **17** um so größer, je größer die Fahrzeuggeschwindigkeit ist.

[0058] Generell kann die Definition von Schutzfeldern **16** und nicht sicherheitskritischen Bereichen in Abhängigkeit externer Sensoren, sogenannter Muting-Sensoren, erfolgen.

[0059] Weiterhin kann die Definition von Schutzfeldern **16** und nicht sicherheitskritischen Bereichen als ausgeblendeten Zonen, sogenannten Blanking-Bereichen, in Abhängigkeit der Positionen von sicherheitskritischen Objekten oder nicht sicherheitskritischen Objekten, insbesondere in Abhängigkeit vorgegebener Bahnen derartiger Objekte, erfolgen.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Erfassungsbereich
3	Beleuchtungseinheit
4	Kamera
5	Sender
6	Lichtstrahlen
7	Sendeoptik
8	CMOS-Chip
9	Empfangsoptik
10	Auswerteeinheit
11, 11'	Rechnereinheit
12	Ausgangsschaltung
13	Schaltausgang
14	Warnausgang
15	Flurförderfahrzeug
16	Schutzfeld

17	Warnzone
c	Lichtgeschwindigkeit
d	Distanz des Objekts zur Vorrichtung
t₁, t₂, t_a, t_b	Zeitpunkte
T	Pulsdauer
U	Ausgangssignal
U₁, U₂	Messpunkte
ΔT	Zeitdauer

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (2) an einem Arbeitsmittel, mit einer Lichtstrahlen (6) emittierenden Beleuchtungseinheit (3) zur Beleuchtung des Erfassungsbereichs (2), mit einer Kamera (4) zur Ermittlung dreidimensionaler Bilder des Erfassungsbereichs (2), wobei die Kamera (4) eine matrixförmige Anordnung von Empfangselementen aufweist, deren Ausgangssignale in einer Auswerteeinheit (10) ausgewertet werden, wobei für jedes Empfangselement ein Distanzwert aus der Lichtlaufzeit der von der Beleuchtungseinheit (3) emittierten und aus dem Erfassungsbereich (2) zurückreflektierten Lichtstrahlen (6) ermittelt wird, und wobei mit der Auswerteeinheit (10) wenigstens ein auf das Arbeitsmittel geführter Schaltausgang (13) angesteuert wird, so dass das Arbeitsmittel nur dann in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein Objekt im Erfassungsbereich (2) befindet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera (4) einen CCD-Chip oder CMOS-Chip (8) mit einer rechteckigen oder quadratischen Anordnung von Empfangselementen aufweist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinheit (3) wenigstens einen Lichtstrahlen (6) emittierenden Sender (5) und eine diesem nachgeordnete Sendeoptik (7) aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (5) der Beleuchtungseinheit (3) von einer Leuchtdiode oder einer Laserdiode gebildet ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung von Distanzwerten nach einem Puls-Laufzeit-Verfahren erfolgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (5) Lichtstrahlen (6) in Form von Lichtimpulsen emittiert.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung von Distanzwerten nach einem Phasenmessverfahren erfolgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass den vom Sender (5) emittierten Lichtstrahlen (6) eine Amplitudenmodulation mit wenigstens einer vorgegebenen Modulationsfrequenz aufgeprägt ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Auswerteeinheit (10) eine Unterscheidung von sicherheitskritischen Objekten und nicht sicherheitskritischen Objekten erfolgt, und dass über die Auswerteeinheit (10) das Arbeitsmittel nur dann in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt im Erfassungsbereich (2) befindet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Einlernvorgang nicht sicherheitskritische Objekte eingelernt und in der Auswerteeinheit (10) abgespeichert werden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Einlernvorgangs Konturen von nicht sicherheitskritischen Objekten eingelernt werden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass während des Einlernvorganges Bahnbewegungen von nicht sicherheitskritischen Objekten eingelernt werden.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–12, dadurch gekennzeichnet, dass der Erfassungsbereich (2) in wenigstens eine Schutzzone und in wenigstens einen nicht sicherheitskritischen Bereich unterteilbar ist, wobei nur Objekterfassungen in dem nicht sicherheitskritischen Bereich nicht zu einem Ausserbetriebsetzen des Arbeitsmittels führen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil eines nicht sicherheitskritischen Bereichs eine Warnzone (17) bildet, wobei bei einer Objekterfassung in der Warnzone (17) über die Auswerteeinheit (10) ein Warnsignal generiert wird.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die nicht sicherheitskritischen Bereiche in Abhängigkeit der Positionen von sicherheitskritischen Objekten oder nicht sicherheitskritischen Objekten innerhalb des Erfassungsbereichs (2) definiert sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die nicht sicherheitskritischen Bereiche in Abhängigkeit von Signalen externer Sensoren definiert sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–16, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Beleuchtungseinheit (3) und der Kamera (4) gebildete Senso-

reinheit einen einkanaligen Aufbau aufweist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinheit durch eine Eigenfehlerkontrolle selbstsicher ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer nach einem Puls-Laufzeit-Verfahren arbeitenden Sensoreinheit zur Eigenfehlerkontrolle die vom Sender (5) emittierten Lichtimpulse um vorgegebene Zeiten verzögert werden und die dadurch veränderten Distanzwerte der Empfangselemente ausgewertet werden.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer nach dem Phasennessverfahren arbeitenden Sensoreinheit zur Eigenfehlerkontrolle die Phase der den Lichtstrahlen (6) aufgeprägten Amplitudenmodulation verschoben wird und die dadurch veränderten Distanzwerte der Empfangselemente ausgewertet werden.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–20, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (10) einen zweikanaligen Aufbau aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (10) zwei sich gegenseitig kontrollierende Rechneinheiten (11, 11') aufweist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–22, dadurch gekennzeichnet, dass mit dieser ein Erfassungsbereich (2) vor einem mobilen Arbeitsmittel überwacht wird.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das mobile Arbeitsmittel von einem Roboter oder einem Transportfahrzeug gebildet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

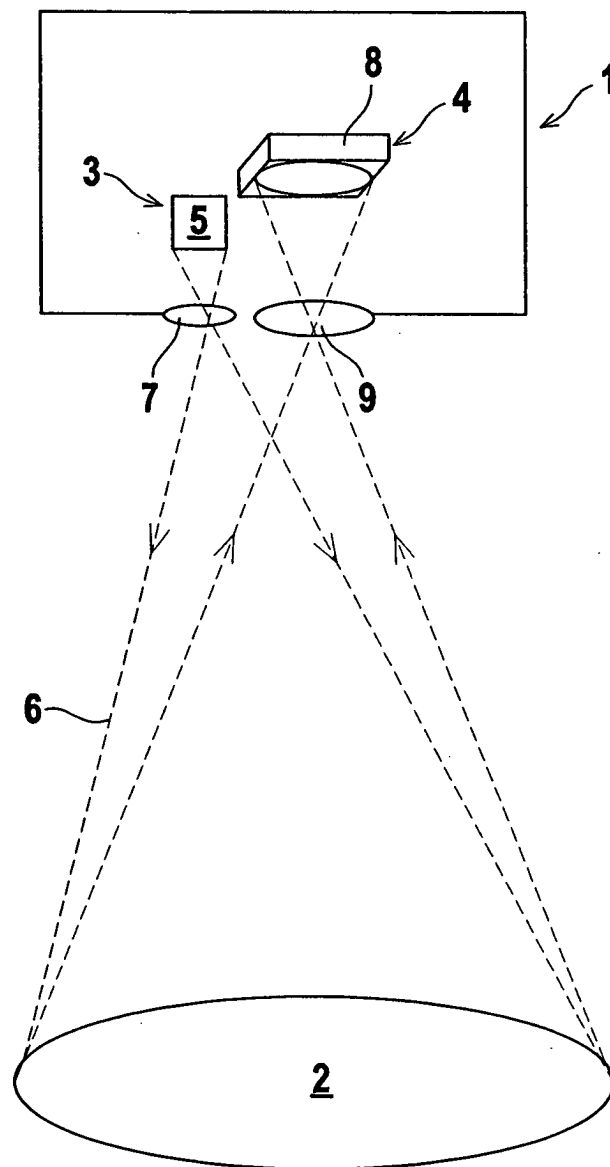


Fig. 2

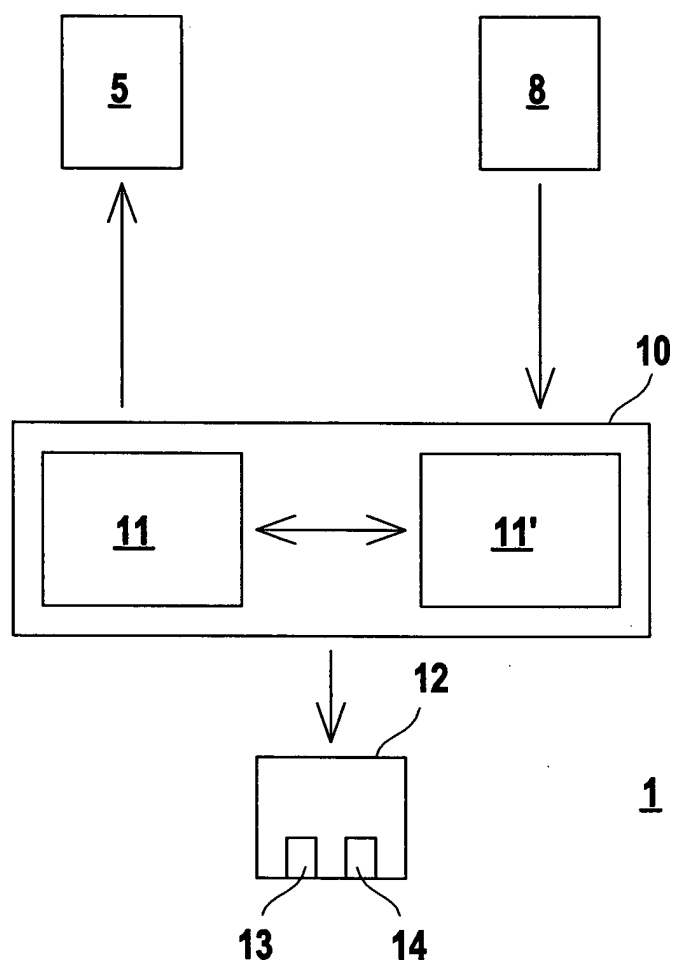


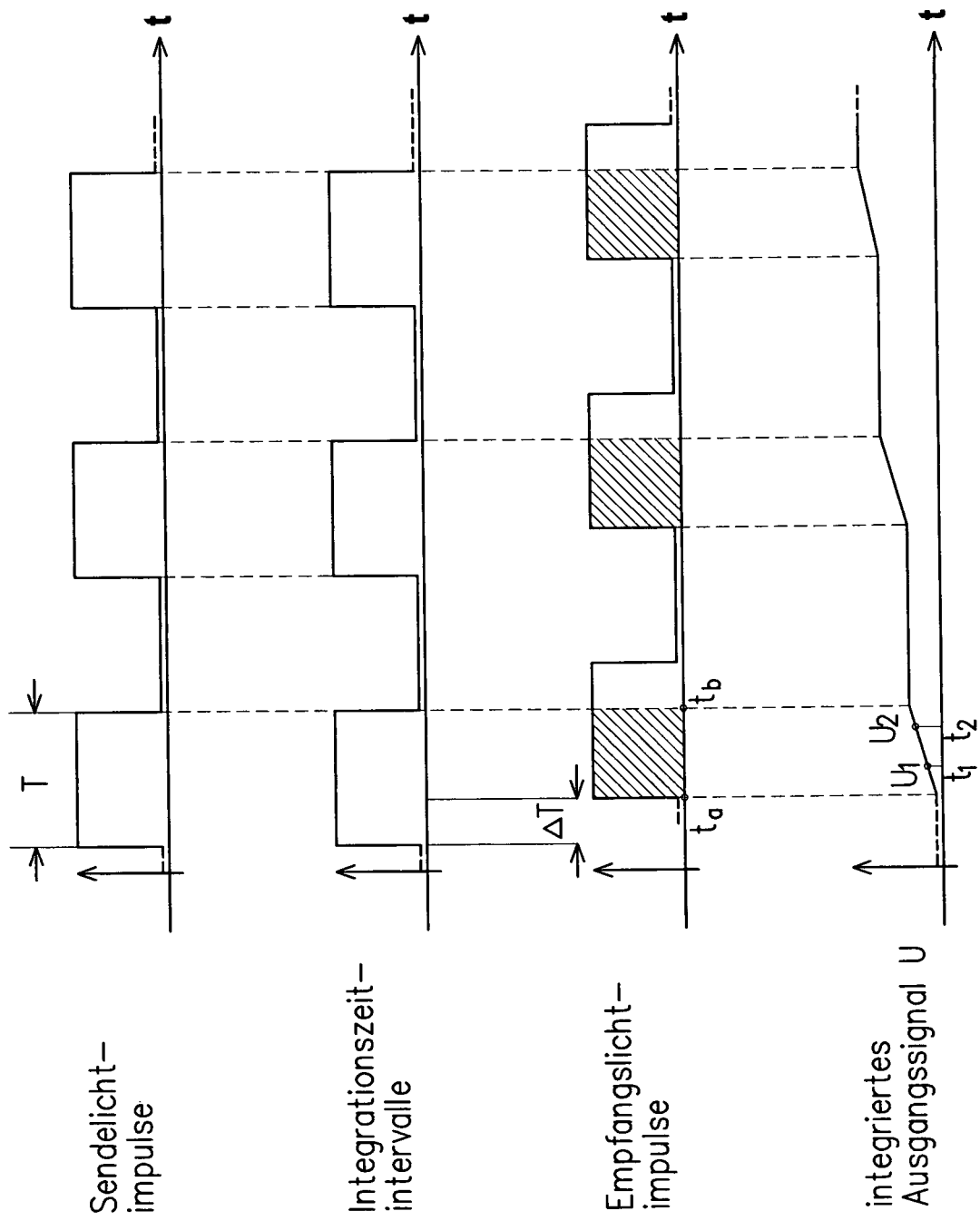
Fig. 3

Fig. 4

