



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 018 016 A1** 2005.11.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 018 016.4**

(22) Anmeldetag: **14.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **G05B 23/00**
G07C 11/00

(71) Anmelder:
Sick AG, 79183 Waldkirch, DE

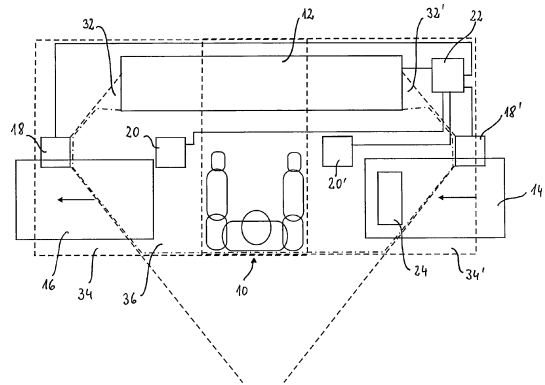
(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München

(72) Erfinder:
Braune, Ingolf, 79194 Gundelfingen, DE;
Grabinger, Jörg, 79312 Emmendingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen beweglichen Teil werden Videobilder verwendet, die in zeitlicher Folge von wenigstens zwei Videokameras erfasst wurden, deren Sichtfelder sich wenigstens teilweise in einem Überschneidungsbereich in dem Überwachungsbereich überschneiden. Auf der Basis der von einer ersten der Videokameras erfassten ersten Videobilder wird eine erste und auf der Basis der von einer zweiten der Videokameras erfassten zweiten Videobilder eine zweite Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten durchgeführt, die Gegenständen wenigstens in dem Überschneidungsbereich entsprechen. Zur Klassifizierung und/oder Bestimmung der Lage und/oder Bewegung wenigstens eines Gegenstands in dem Überschneidungsbereich werden dem Gegenstand entsprechende Objekte der ersten und zweiten Objekterkennung und/oder -verfolgung ermittelt und für beide Objekte bei deren Objekterkennung un/oder -verfolgung jeweils ermittelte Daten ausgewertet. In Abhängigkeit von der Auswertung wird wenigstens ein Überwachungssignal gebildet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs, insbesondere eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen beweglichen Teil.

Stand der Technik

[0002] Verfahren der oben genannten Art sind grundsätzlich bekannt und können dazu eingesetzt werden, Bereiche nahe und/oder in Vorrichtungen mit wenigstens einem beweglichen Teil, beispielsweise Maschinen, zu überwachen, die unter ungünstigen Umständen das Bedienungspersonal verletzen könnten. Beispiele für solche Maschinen sind Gesenkbiegepressen, bei denen ein Biegestempel ein Blech gegen ein Biegewerkzeug drückt und dieses dabei verformt, Scheren, Stanzen oder Roboter.

[0003] Um eine möglichst hohe Produktivität durch geringe Stillstands- bzw. Störzeiten einer solchen Maschine erreichen zu können, ist es wünschenswert, dass bei einem Verfahren der oben genannten Art eine Gefährdung für das Bedienungspersonal möglichst zweifelsfrei erkannt und von anderen Vorgängen bzw. Bewegungen anderer Gegenstände im Bereich der Maschine unterschieden werden kann, damit die Maschine möglichst nur bei einer tatsächlichen Gefährdung angehalten zu werden braucht.

[0004] Ein solches Verfahren sollte in Echtzeit durchführbar sein, damit die normale Arbeitsschwindigkeit an einer solchen Maschine nicht beeinträchtigt wird.

Aufgabenstellung

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen beweglichen Teil bereitzustellen, das eine gute Erkennung einer Gefährdung des Bedienungspersonals durch die Vorrichtung ermöglicht und gleichzeitig schnell ausführbar ist.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen beweglichen Teil werden Videobilder verwendet, die in zeitlicher Folge von wenigstens zwei Videokameras erfasst wurden, deren Sichtfelder sich wenigstens teilweise in einem Überschneidungsbereich in dem Überwachungsbereich überschneiden. Auf der Basis der von einer ersten der Vi-

deokameras erfassten ersten Videobilder wird eine erste und auf der Basis der von einer zweiten der Videokameras erfassten zweiten Videobilder eine zweite Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten durchgeführt, die Gegenständen wenigstens in dem Überschneidungsbereich entsprechen. Zur Klassifizierung und/oder Bestimmung der Lage und/oder Bewegung wenigstens eines Gegenstands in dem Überschneidungsbereich werden dem Gegenstand entsprechende Objekte der ersten und zweiten Objekterkennung und/oder -verfolgung ermittelt und für beide Objekte bei deren Objekterkennung und/oder -verfolgung jeweils ermittelte Daten ausgewertet. In Abhängigkeit von der Auswertung wird wenigstens ein Überwachungssignal gebildet.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Videobilder verwendet, die von wenigstens zwei Videokameras erfasst wurden. Bei den Videobildern kann es sich grundsätzlich um infrarote, monochrome oder auch farbige Videobilder handeln, zu deren Erfassung die Videokameras dann geeignet ausgebildet sein müssen.

[0009] Die Sichtfelder der Videokameras überschneiden sich in einem Überschneidungsbereich, der wenigstens teilweise in dem Überwachungsbereich liegt, diesen aber nicht vollständig zu umfassen braucht. Die Videokameras sind dabei vorzugsweise so angebracht, dass sich in dem Überwachungsbereich möglichst wenige verdeckte Bereiche ergeben.

[0010] Um die Information in den Videobildern der beiden Videokameras miteinander verknüpfen zu können, sind vorzugsweise deren relative Lage und Ausrichtung zueinander sowie deren Abbildungseigenschaften explizit oder – durch geeignete Kalibrierungsverfahren – wenigstens implizit bekannt.

[0011] Die Videobilder werden in zeitlicher Folge und besonders bevorzugt synchron erfasst, so dass die aus den Videobildern gewonnenen Informationen der beiden Videokameras Videobild für Videobild einfach miteinander verknüpft werden können. Auf diese Weise entstehen wenigstens eine erste mit einer ersten der beiden Videokameras erfasste Folge von Videobildern und eine zweite mit der zweiten Videokamera erfasste Folge von Videobildern.

[0012] Erfindungsgemäß wird für jede der Videobildfolgen eine Objekterkennung und/oder -verfolgung durchgeführt, bei der Gegenständen in den Videobildern entsprechende Objekte erkannt und/oder verfolgt werden. Unter einem Gegenstand wird im Rahmen der Erfindung nicht nur ein räumlich von anderen Körpern getrennter Körper verstanden, sondern beispielsweise auch ein abgrenzbarer Teil einer zusammengesetzten oder mehrgliedrigen Vorrichtung, beispielsweise ein Segment eines Roboterarms.

[0013] Unter einem Gegenstand wird im Rahmen der Erfindung weiterhin der Einfachheit halber auch ein Lebewesen, insbesondere ein Mensch, oder ein Teil desselben verstanden. Für diese Objekterkennung und/oder -verfolgung können grundsätzlich bekannte Verfahren zur Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten in zweidimensionalen Videobildern verwendet werden, die vorzugsweise voneinander unabhängig durchgeführt werden können. Um eine Objektverfolgung, beispielsweise bei teilverdeckten Objekten zu erleichtern, ist jedoch eine Kopplung der Verfahren nicht ausgeschlossen. Die Objekte können insbesondere durch Merkmale oder Merkmalskombinationen in den Videobildern, die den Gegenstand in dem Videobild gegenüber seiner Umgebung definieren, gegeben sein.

[0014] Gegenständen, die in beiden Videobildern sichtbar sind, werden bei beiden Objekterkennungs- und/oder -verfolgungsverfahren Objekte zugeordnet, für die aus ihrer jeweiligen Objekterkennung und/oder -verfolgung Daten in Bezug auf eine Klassifizierung und/oder Lage und/oder Bewegung, d.h. insbesondere Bewegungsrichtung und/oder -geschwindigkeit, bekannt sein können.

[0015] Die Objekterkennungs- und/oder -verfolgungsverfahren können insbesondere in Zyklen durchgeführt werden, in denen jeweils aktuelle Videobilder der jeweiligen Videobildfolge verarbeitet werden.

[0016] Auf der Basis der Daten über die beiden, demselben Gegenstand entsprechenden Objekte können Daten über Eigenschaften des Gegenstands, insbesondere einen Typ, d.h. eine Klassifizierung, und/oder dessen Lage und/oder dessen Bewegung, insbesondere dessen Bewegungsrichtung und/oder -geschwindigkeit, ermittelt werden.

[0017] Dabei können die Daten in Bezug auf die Lage und/oder die Bewegung aufgrund der unterschiedlichen Perspektiven der Videokameras vorzugsweise entsprechende Koordinaten im dreidimensionalen Raum umfassen und so mehr und/oder genauere Informationen liefern, als eine Objekterkennung und/oder -verfolgung auf der Basis nur einer Folge von Videobildern.

[0018] In Abhängigkeit von den so ausgewerteten Daten kann dann ein Überwachungssignal gebildet werden, das beispielsweise entsprechenden Warn- einrichtungen oder einer Steuerung der Vorrichtung mit dem angetriebenen, beweglichen Teil zugeführt werden kann. Das Überwachungssignal braucht dabei nicht in jedem Zyklus gebildet zu werden, sondern beispielsweise nur, wenn ein vorgegebenes Kriterium z.B. für eine Gefährdung erfüllt ist. Dieses Überwachungssignal braucht insbesondere nur anzuzeigen, dass eine Gefährdung überhaupt vorliegt. Vorzugs-

weise würden jedoch auch zusätzliche Daten in Bezug auf die Lage und/oder Bewegung eines gefährdeten oder gefährdenden Gegenstandes bzw. eines entsprechenden Objekts ausgegeben.

[0019] Dieses Vorgehen erlaubt eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit als ein Verfahren, bei dem zunächst aus Videobildern von wenigstens zwei Videokameras dreidimensionale Stereobilder gebildet werden, auf der Basis derer dann eine einzelne Objekterkennung und/oder -verfolgung durchgeführt kann. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass bei einer Fusion der Videobilder zweier Videokameras zu dreidimensionalen Stereobildern die Videobilder immer wieder, zumindest auf der Skala von einigen Pixeln, aufeinander ausgerichtet werden müssen, was erheblichen Rechen- und/oder Zeitaufwand erfordert.

[0020] Durch die Verwendung von wenigstens zwei verschiedenen Perspektiven des Überschneidungsbereichs wird darüber hinaus auch eine gute Erkennung von Objekten erleichtert, die beispielsweise aufgrund einer ungünstigen Perspektive in nur einem Videobild schwer zu identifizieren wären.

[0021] Weiterbildungen und bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen beschrieben.

[0022] Objekte in den Videobildern können grundsätzlich anhand beliebiger geeigneter Merkmale erkannt werden. Da sich im Bereich von Maschinen häufig Personen befinden, deren Kontur sich bei einer Bewegung ändert, ist es bevorzugt, dass zur Definition von Objekten in den Videobildern zusammenhängende Bereiche ermittelt werden, die Oberflächenbereichen auf einem einem Objekt entsprechenden Gegenstand entsprechen, die gemäß wenigstens einem vorgegebenen Kriterium ähnliche Oberflächeneigenschaften aufweisen. Auch eine Wiedererkennung solcher Objekte kann dann auf der Basis dieser Oberflächeneigenschaften erfolgen, so dass die Kontur nur eine untergeordnete Rolle zu spielen braucht.

[0023] Dabei ist es besonders bevorzugt, dass zur Definition der Objekte in den Videobildern zusammenhängende Bereiche ermittelt werden, die gemäß wenigstens einem vorgegebenen Kriterium ähnliche Grauwerte und/oder Farben und/oder Texturen aufweisen. Als Kriterium können dabei grundsätzlich bekannte Ähnlichkeitskriterien verwendet werden, beispielsweise bei der Verwendung von Farben Kriterien in Bezug auf Farbabstände im Farbraum.

[0024] Um die Zuordnung von Objekten der beiden Objekterkennungen und/oder -verfolgungen zu demselben Gegenstand und damit auch zueinander zu

erleichtern, ist es bevorzugt, dass den Objekten wenigstens eine Objektklasse zugewiesen wird. Dazu können bei dem Verfahren jeweils Objektklassen für Objekte vorgegeben sein, die Gegenständen eines für den Zweck des Verfahrens geeigneten Typs entsprechen. Beispielsweise können Objektklassen für Personen, Werkstücke oder auch Maschinenteile vorgesehen sein. So können beispielsweise aus zwei Objekten der gleichen Objektklasse, die in Videobildern sowohl der ersten als auch der zweiten Videokamera in sich entsprechenden Raumbereichen auftreten, einfach als demselben Gegenstand entsprechend erkannt werden, der dann den der jeweiligen Objektklasse entsprechenden Typ aufweist.

[0025] Die Zuweisung einer Objektklasse kann beispielsweise in Abhängigkeit von Grauwerten und/oder Farben und/oder Texturen und/oder Konturen eines Objekts erfolgen. Jedoch können sich in Abhängigkeit beispielsweise von Beleuchtungsbedingungen oder auch von einer Verschmutzung beispielsweise Grauwerte oder Farben ändern. Es ist daher bevorzugt, dass auf Objekten vorgegebene Merkmale erkannt werden, und dass den Objekten in Abhängigkeit von den erkannten, vorgegebenen Merkmalen wenigstens eine Objektklasse zugeordnet wird. Bei diesen Merkmalen kann es sich insbesondere um kooperative Ziele handeln. Weiterhin können vorgegebene Markierungen, beispielsweise Oberflächenabschnitte mit einem vorgegebenen Muster, verwendet werden, um bestimmte Gegenstände zu kennzeichnen und eine Klassifizierung zu ermöglichen. Die Markierungen sind daher als Merkmal aufzufassen, mittels dessen eine Einordnung in Objektklassen vorgenommen werden kann.

[0026] Für die Zwecke der Überwachung genügt es in einigen Fällen, nur bewegliche Gegenstände zu erkennen, da häufig statische Gegenstände, insbesondere Wände, fest montierte Träger oder ähnliche Einrichtungen, kein Gefahrenpotential darstellen. Es ist daher bevorzugt, dass bei der Objekterkennung und/oder -verfolgung nur bewegliche Objekte erkannt bzw. verfolgt werden. Hierdurch kann die Verarbeitung der Videobilder stark beschleunigt werden.

[0027] Zur Erkennung von beweglichen Objekten ist es besonders bevorzugt, dass zur Ermittlung wenigstens eines beweglichen Objekts aus den verwendeten Videobildern ein sich im Laufe der Zeit nicht bewegender und/oder verändernder Hintergrund eliminiert wird. Insbesondere kann hierzu ein Videobild des Hintergrundes ohne bewegliche Objekte erfasst werden. Zur Objekterkennung und/oder -verfolgung kann dann ein Differenzbild zwischen einem aktuell erfassten Videobild und dem von der entsprechenden Videokamera erfassten Hintergrundbild gebildet werden, das dann zur Objekterkennung und/oder -verfolgung weiterverarbeitet wird. Durch die sich aus diesem Vorgehen ergebende Reduzierung der An-

zahl von Merkmalen in den Videobildern kann sich neben einer deutlich erhöhten Arbeitsgeschwindigkeit des Verfahrens auch eine bessere Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten ergeben.

[0028] Um die Verarbeitung der Videobilder zu beschleunigen, ist es bevorzugt, dass wenigstens für eine vorläufige Auswertung der Videobilder wenigstens einer Videokamera die zeitliche und/oder räumliche Auflösung der Videobilder reduziert wird. Vorzugsweise werden nach einer Ermittlung von für die weitere Auswertung interessanten Bereichen diese mit höherer Auflösung weiterverarbeitet. Beispielsweise kann die Auflösung in zeitlicher Hinsicht durch Verwendung nur nicht unmittelbar aufeinander folgender Bilder, beispielsweise nur jedes zweiten Bildes, reduziert werden.

[0029] Zur räumlichen Reduktion der Auflösung können entsprechende Filter verwendet werden. Beispielsweise können vorgegebene Pixelzeilen oder -spalten oder schachbrettartig angeordnete Pixel bei der vorläufigen Verarbeitung unberücksichtigt bleiben.

[0030] Die gemeinsame Verarbeitung der Daten in Bezug auf Objekte, die demselben Gegenstand entsprechen, kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es bevorzugt, dass demselben Gegenstand entsprechenden Objekten der ersten und zweiten Objekterkennung und/oder -verfolgung ein Fusionsobjekt zugeordnet wird, dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften in Abhängigkeit von Daten in Bezug auf die Lagen und/oder Bewegungen und/oder Eigenschaften der dem Gegenstand entsprechenden Objekte ermittelt werden. Die Bewegung des Fusionsobjekts kann dabei insbesondere durch eine Bewegungsrichtung und eine Bewegungsgeschwindigkeit geben sein, es genügt jedoch eine dieser Angaben.

[0031] Dabei ist es besonders bevorzugt, dass dem Fusionsobjekt als Eigenschaft auch eine räumliche Ausdehnung zugeordnet wird. Diese kann sich aus den Ausdehnungen der dem Gegenstand bzw. dem Fusionsobjekt entsprechenden Objekte und/oder deren relativen Lage zueinander ergeben. Insbesondere ist es möglich, zur Definition der räumlichen Ausdehnung die Objektklassen der verwendeten Objekte heranzuziehen. Dazu kann in Abhängigkeit von den Objektklassen der einem Gegenstand entsprechenden Objekte dem entsprechenden Fusionsobjekt ein entsprechender, ggf. zu skalierender Referenzkörper zugeordnet werden. Beispielsweise könnte ein erkannter Unterarm einer Bedienperson durch einen Zylinder dargestellt werden, dessen Dimensionen aus den relativen Anordnungen der Videokameras zueinander und zu dem Arm und den in den Videobildern erfassten Flächen und Lagen der entsprechen-

den Objekte in Verbindung mit den Abbildungseigenschaften der Videokameras geschätzt wird. Ein solches Fusionsobjekt kann so allgemein einen dreidimensionalen, insbesondere mehrgliedrigen Körper repräsentieren, der eine vorgegebene Form und Größe sowie Lage und/oder Geschwindigkeit und/oder Bewegungsrichtung aufweist. Die Verwendung solcher Fusionsobjekte ermöglicht eine modellhafte Darstellung der Lagen und Bewegungen von Gegenständen oder Teilen derselben im Raum und erleichtert so insbesondere die Erkennung von Gefährdungssituationen für Bedienungspersonal der Vorrichtung.

[0032] Es ist dann besonders bevorzugt, dass nach Bildung eines Fusionsobjekts in einem Zyklus dessen Daten in Bezug auf dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften in Abhängigkeiten von den Daten der dem Gegenstand entsprechenden Objekte in Bezug auf deren Lagen und/oder Bewegungen und/oder Eigenschaften in wenigstens einem folgenden Zyklus aktualisiert werden. Dieses Vorgehen erlaubt es, eine Bahn des Fusionsobjekts oder mehrerer Bahnen der Einzelobjekte des Fusionsobjekts im Laufe der Zeit zu verfolgen.

[0033] Wurden in einem Zyklus Fusionsobjekte erkannt bzw. gebildet, ist es bevorzugt, dass in dem Fall, dass bei der Objektverfolgung eines einem Fusionsobjekt zugeordneten Objekts dieses in einem aktuellen Videobild nicht erkannt wird, zur Ermittlung von Daten in Bezug auf die Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften des Fusionsobjekts nur die Daten eines anderen, dem Fusionsobjekt zugeordneten Objekts in Bezug auf dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften verwendet werden. Bei einer vorübergehenden, vollständigen Verdeckung eines Objekts in einem der Videobilder kann so trotzdem noch eine Überwachung auf der Basis des anderen Videobildes erfolgen.

[0034] Häufig kann der Fall auftreten, dass bei einer Objektverfolgung und/oder bei einer Bildung von Fusionsobjekten für verschiedene Teile eines Gegenstands bzw. einer Person, jeweils getrennt Objekte bzw. Fusionsobjekte ermittelt werden, deren mögliche Lagen zueinander beispielsweise durch eine Kopplung der entsprechenden Teile des Gegenstands eingeschränkt sein können. Es ist daher bevorzugt, dass aus wenigstens zwei Objekten und/oder Fusionsobjekten, deren Bewegung gekoppelt ist, eine Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung gebildet wird.

[0035] Die Zuordnung von Objekten bzw. Fusionsobjekten zu einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung und damit die Bildung der Gruppierung aus den entsprechenden Objekten bzw. Fusionsobjekten können dabei auf der Basis unterschiedlicher Kriterien erfolgen. So kann beispielsweise anhand in den Vi-

deobildern erkannter Bewegungsabläufe der Objekte bzw. Fusionsobjekte ermittelt werden, ob eine Kopplung zwischen diesen vorliegt.

[0036] Weiterhin ist es möglich, bei der Prüfung, ob zwei Objekte bzw. Fusionsobjekte zu einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung zusammengefasst werden sollen, deren relative Lage zueinander und die Klassen der Objekte bzw. der den Fusionsobjekten zugrunde liegenden Objekte oder auch Klassen der Fusionsobjekte selbst zu verwenden.

[0037] Weiterhin ist es bevorzugt, Objekte und/oder Fusionsobjekte zur Bildung einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung in Abhängigkeit davon zu erkennen, ob auf diesen vorgegebene Merkmale erkannt werden und ob diese ein vorgegebenes Kriterium in Bezug auf ihre Relativlage zueinander erfüllen. Bei den Merkmalen kann es sich insbesondere um vorgegebene kooperative Ziele handeln. Weiterhin können entsprechende, auf der Oberfläche der Gegenstände angebrachte vorgegebene Markierungsbereiche verwendet werden, wie sie bereits zuvor erwähnt wurden.

[0038] Um eine einfache Interpretation der Situation in dem Überwachungsbereich zu ermöglichen, ist es bevorzugt, dass wenigstens einem Fusionsobjekt und/oder einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung eine Fusionsobjektklasse bzw. eine Klasse für Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordnet wird. Die Fusionsobjektklassen bzw. die Klassen für Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen können, ähnlich wie die Objektklassen für die Objekte der zweidimensionalen Bildverarbeitung bzw. Objektverfolgung, dazu dienen, Fusionsobjekte bzw. Objekt- oder Fusionsobjektgruppierungen, die Gegenständen oder Teilen von Gegenständen eines vorgegebenen Typs entsprechen, entsprechend einzuordnen, und so die Überwachung des Überwachungsbereichs zu erleichtern.

[0039] Die Zuordnung von Klassen kann dabei in Abhängigkeit von wenigstens einem Zuordnungskriterium erfolgen.

[0040] Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es bevorzugt, dass auf Objekten vorgegebene Merkmale erkannt werden, und dass den Fusionsobjekten und/oder Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen in Abhängigkeit von den erkannten, vorgegebenen Merkmalen auf den Fusionsobjekten bzw. Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordneten Objekten wenigstens eine Fusionsobjektklasse bzw. Klasse für Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordnet wird. Insbesondere können als vorgegebene Merkmale kooperative Ziele verwendet werden. Weiterhin können entsprechende Markierungsflächen auf verschiedenen Teilen eines Gegenstandes angebracht werden, die

einer Objekt- oder Fusionsobjektgruppierung entsprechen. Beispielsweise könnte für eine Bedienperson auf Arbeitshandschuhen und den Ärmeln der Arbeitskleidung entsprechende Aufnäher mit einer leicht erkennbaren charakteristischen Markierung angebracht werden. Die dem Ärmel und dem Handschuh entsprechenden Fusionsobjekte könnten dann unter Verwendung der auf diesen befindlichen Aufnäher einfach der entsprechenden Fusionsobjektgruppierung zugeordnet werden.

[0041] Eine weitere Variante zur Klassifizierung von Fusionsobjekten oder Funktionsobjektgruppierungen besteht darin, dass eine Klasse gelernt wird. Dazu ist es bevorzugt, dass auf der Basis der Videobilder geprüft wird, ob eine Person oder ein Gegenstand für eine vorgegebene Mindestdauer ein vorgegebenes stationäres kooperatives Ziel berührt, und dass in diesem Fall die entsprechenden Merkmale zur Definition einer Klasse für ein zulässiges und zu schützendes Fusionsobjekt bzw. eine zulässige und zu schützende Fusionsobjektgruppierung verwendet werden. Das kooperative Ziel kann dabei insbesondere durch wenigstens ein vorgegebenes Merkmal in dem Videobild gegeben sein.

[0042] Zur Zuordnung von Klassen zu Objekten, Fusionsobjekten oder Gruppierungen ist es weiterhin bevorzugt, dass einem Objekt und/oder einem Fusionsobjekt und/oder einer Objekt- und/oder Fusionsobjektgruppierung eine Klasse für Objekte bzw. Fusionsobjekte bzw. Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen in Abhängigkeit davon zugeordnet wird, ob wenigstens ein Abschnitt des Objekts bzw. des Fusionsobjekts bzw. der Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung in einen vorgegebenen Abschnitt des Überwachungsbereichs, insbesondere des Überschneidungsbereichs, bewegt wird. Dabei wird ausgenutzt, dass häufig im Bereich vor Maschinen zu bearbeitende Werkstücke nur aus einem klar definierten Raumbereich in den Überwachungs- bzw. Überschneidungsbereich eintreten können und dass es sich bei in den Raumbereich eintretenden Gegenständen nur um Werkstücke handeln kann.

[0043] Weiterhin ist es bevorzugt, dass zur Klassifizierung eine Form des Objekts bzw. eines Fusionsobjekts bzw. einer Objekt- oder Fusionsobjektgruppierung verwendet wird. Eine solche Klassifizierung kann sich insbesondere dann als einfach und zuverlässig erweisen, wenn in dem Überwachungsbereich Gegenstände einer vorgegebenen festen Form auftreten, die für die Zwecke der Überwachung die Gegenstände eindeutig kennzeichnet. Eine Klassifizierung in Abhängigkeit von der Form erscheint insbesondere bei zu bearbeitenden Werkstück besonders vorteilhaft.

[0044] Zur Klassifizierung können auch Kombinationen der zuvor aufgeführten Kriterien sowie weiterer

Kriterien verwendet werden.

[0045] Insbesondere für die Zwecke der Überwachung eines Bereichs vor einer Maschine ist es bevorzugt, dass wenigstens eine Klasse für Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen für sicherheitskritische Fusionsobjekte bzw. Fusionsobjektgruppierungen und wenigstens eine Klasse für Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen für neutrale Fusionsobjekte bzw. Fusionsobjektgruppierungen verwendet werden. Sicherheitskritische Fusionsobjekte oder Fusionsobjektgruppierungen können insbesondere vorliegen, wenn diese Lebewesen, insbesondere Menschen, oder besonders wertvollen Gegenständen oder Einrichtungen, die keinesfalls beschädigt werden dürfen, entsprechen. Neutrale Fusionsobjekte oder Fusionsobjektgruppierungen können insbesondere Gegenständen entsprechen, die, beispielsweise zur Bearbeitung, gefahrlos in den Bereich der Vorrichtung mit dem beweglichen Teil, insbesondere einer Maschine, geführt und ggf. dort bearbeitet werden können. Durch diese Klassifizierung ist es möglich, zunächst festzustellen, ob ein gegebenes Fusionsobjekt oder eine gegebene Fusionsobjektgruppierung als sicherheitskritisch oder als neutral einzustufen ist, und in Abhängigkeit von dieser Klassifikation zu ermitteln, ob eine Gefährdung vorliegt oder nicht.

[0046] Zur Erkennung von Gefährdungen ist es bevorzugt, dass wenigstens einem beweglichen Fusionsobjekt und/oder einer beweglichen Fusionsobjektgruppierung ein Schutzbereich zugewiesen wird, und dass geprüft wird, ob ein anderes Fusionsobjekt und/oder eine andere Fusionsobjektgruppierung in den Schutzbereich eintritt. In diesem Fall kann ein entsprechendes Überwachungssignal gebildet ausgegeben werden. Der Schutzbereich kann dabei insbesondere mit dem Fusionsobjekt und/oder der Fusionsobjektgruppierung mitbewegt werden. Damit geht man von dem sonst üblichen Konzept einer stationären Schutzzone nahe einer Vorrichtung mit einem angetriebenen beweglichen Teil, insbesondere einer Fertigungsmaschine, ab. Vielmehr wird, insbesondere bei der Verwendung von Klassen für sicherheitskritische Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen und neutrale Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen, eine differenzierte Analyse des Szene vor der Vorrichtung ermöglicht, so dass eine Gefährdung beispielsweise nicht schon erkannt wird, wenn nur ein Werkstück in den Überschneidungsbereich und in große Nähe zu dem beweglichen Teil der Vorrichtung bzw. Maschine gebracht wird, um dort bearbeitet zu werden. Vielmehr braucht beispielsweise ein entsprechendes Überwachungssignal nur ausgelöst zu werden, wenn sich ein Körperteil einer Bearbeitungsperson in den Bereich der Vorrichtung bzw. des angetriebenen beweglichen Teil derselben bewegt.

[0047] Um die Größe und Form des Schutzbereichs festlegen zu können, ist es besonders bevorzugt, dass wenigstens einem Fusionsobjekt und/oder einer Fusionsobjektgruppierung eine Klasse zugewiesen wird, und dass dem Fusionsobjekt bzw. der Fusionsobjektgruppierung wenigstens in Abhängigkeit von der zugewiesenen Klasse ein Schutzbereich zugewiesen wird. Die Zuweisung des Schutzbereichs kann dabei allein in Abhängigkeit von der Klasse, aber auch in Abhängigkeit von weiteren Parametern erfolgen. Der Schutzbereich für ein Fusionsobjekt oder eine Fusionsobjektgruppierung kann sich dabei insbesondere in seiner Form nach der Form des entsprechenden Fusionsobjekts bzw. der entsprechenden Fusionsobjektgruppierung richten.

[0048] Weiterhin ist es bevorzugt, dass einem Fusionsobjekt und/oder einer Fusionsobjektgruppierung wenigstens in Abhängigkeit von dessen bzw. deren Lage und/oder Bewegung, insbesondere Bewegungsrichtung und/oder Bewegungsgeschwindigkeit, ein Schutzbereich zugewiesen wird. Die Größe des Schutzbereichs für eine Hand einer Bedienperson bzw. ein entsprechendes Fusionsobjekt kann beispielsweise größer gewählt werden, wenn sich die Hand in Richtung auf die Vorrichtung zu bewegt und gleichzeitig der Vorrichtung sehr nahe ist, als bei einer Bewegung in der umgekehrten Richtung oder in einer größeren Entfernung von der Vorrichtung. Ob ein Fusionsobjekt der Vorrichtung sehr nahe ist, kann beispielsweise dadurch ermittelt werden, dass es bei einer maximalen angenommenen Bewegungsgeschwindigkeit innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls, das beispielsweise der Zeit entsprechen kann, in der die Bewegung des beweglichen Teils der Vorrichtung unterbrochen werden kann, in den Bereich der Vorrichtung und insbesondere die Bewegungsbahn des angetriebenen beweglichen Teils der Vorrichtung gelangen könnte.

[0049] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Ausdehnung des Schutzbereichs eines Fusionsobjekts und/oder einer Fusionsobjektgruppierung in Abhängigkeit von wenigstens einer Eigenschaft wenigstens eines anderen Fusionsobjekts und/oder einer anderen Fusionsobjektgruppierung ermittelt wird.

[0050] Vorzugsweise werden Kombinationen der oben genannten Kriterien verwendet, um Form und/oder Größe des Schutzbereichs festzulegen.

[0051] Sind für Fusions- und/oder Fusionsobjektgruppierungen Schutzbereiche festgelegt, ist es bevorzugt, dass eine Bewegung wenigstens eines Fusionsobjekts und/oder einer Fusionsobjektgruppierung zu wenigstens einem zukünftigen Zeitpunkt vorhergesagt wird, dass geprüft wird, ob zu und/oder bis zu dem Zeitpunkt ein Fusionsobjekt und/oder eine Fusionsobjektgruppierung in den Schutzbereich oder das Fusionsobjekt bzw. die Fusionsobjektgruppierung in den

Schutzbereich eines anderen Fusionsobjekts und/oder einer anderen Fusionsobjektgruppierung eintritt, und dass bei Feststellung eines Eintritts ein entsprechendes Überwachungssignal abgegeben wird. Auf diese Weise kann eine Antizipation von Gefahrsituationen erfolgen, so dass beispielsweise die Vorrichtung bzw. deren bewegliches Teil nicht unbedingt angehalten zu werden braucht, sondern ggf. auch eine Verlangsamung der Bewegung als Schutzmaßnahme ausreicht. Alternativ kann frühzeitig durch das Überwachungssignal ein Warnsignal einer entsprechenden Warnvorrichtung ausgelöst werden. Die Vorhersage kann unter Verwendung der Ergebnisse der Objektverfolgung, bei der insbesondere Geschwindigkeiten der Objekte vorhergesagt werden können, erfolgen. Es können jedoch auch nur Daten über die Bewegung von Fusionsobjekten und/oder Fusionsobjektgruppierungen aus vorhergehenden Zyklen verwendet werden, um deren Lage und/oder Bewegung für den nächsten Zyklus oder auch mehrere Zyklen beispielsweise durch Extrapolation vorherzusagen. Der Zeitpunkt wird vorzugsweise in Bezug auf den Zeitpunkt der Erfassung des aktuellen Bildes so gewählt, dass in diesem Zeitraum nach Abgabe eines entsprechenden Überwachungssignals noch Maßnahmen ergriffen werden können, um die Gefährdung abwenden zu können.

[0052] Weiterhin ist es bevorzugt, dass geprüft wird, ob ein vorgegebener Abschnitt des Überschneidungsbereichs, insbesondere ein Gefahrenbereich, in wenigstens einem der Videobilder verdeckt ist. Bei Erkennung einer Verdeckung kann insbesondere ein Überwachungssignal abgegeben werden, das zu einem Stopp der Vorrichtung bzw. der Bewegung des beweglichen Teils der Vorrichtung oder eine Geschwindigkeitsreduktion der Bewegung des beweglichen Teils der Vorrichtung führt. Eine solche Verdeckungserkennung ist einfach möglich, da bei den erfindungsgemäßen Verfahren räumliche Daten in Bezug auf die Lage und Ausdehnung von Fusions- und/oder Fusionsobjektgruppierungen relativ zueinander und zu der Vorrichtung vorliegen. Sie erlaubt so eine Verbesserung der Sicherheit der Überwachung.

[0053] Beim Betrieb einer Vorrichtung über einen längeren Zeitraum können sich die Umgebungsbedingungen, beispielsweise die Beleuchtungsbedingungen, im Überwachungsbereich und insbesondere auch im Überschneidungsbereich der Sichtfelder der Videokameras, oder Eigenschaften der Videokameras, beispielsweise durch Verschmutzung, ändern. Dies kann dazu führen, dass die Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten beeinträchtigt wird. Es ist daher bevorzugt, dass auf wenigstens einem Objekt, das einem Gegenstand eines vorgegebenen Typs entspricht, wenigstens eine vorgegebene Markierung erkannt wird, die charakteristisch für den Typ von Gegenstand ist, dass dem Objekt entsprechende Teile

wenigstens eines Videobildes mit Referenzdaten verglichen werden, die für den Typ von Gegenstand vorgegeben sind, und dass in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs Veränderungen der Bedingungen in wenigstens einem Teil des Überwachungsbereichs, insbesondere Beleuchtungsbedingungen, und/oder eine Beeinträchtigung einer zur Erfassung des entsprechenden Videobildes verwendeten Videokamera erkannt werden. Vorzugsweise werden in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs bzw. den erkannten Veränderungen Korrekturen in den Videobildern vor deren Verarbeitung vorgenommen oder Verfahren zur Auswertung der Videobilder entsprechend angepasst.

[0054] Die Referenzdaten können dabei fest vorgegeben sein. Sie können jedoch auch laufend aktualisiert werden, was sich insbesondere bei einer kontinuierlich betriebenen Vorrichtung bzw. Maschine anbietet. Die Referenzdaten können vorzugsweise einer Objektklasse zugeordnet sein, die dem Objekt zugeordnet ist.

[0055] Prinzipiell genügt es, bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Videobildfolgen von nur zwei Videokameras zu verwenden. Um Verdeckungen in dem Überschneidungsbereich möglichst weitgehend ausschließen zu können, werden vorzugsweise Videobildfolgen von wenigstens drei Videobildkameras verwendet, deren Sichtfelder sich in dem Überschneidungsbereich in dem Überwachungsbereich überschneiden. Auf der Basis jeder der Videobildfolgen wird dann jeweils eine Objekterkennung und/oder -verfolgung durchgeführt. Die Ergebnisse der entsprechenden wenigstens drei Objekterkennungen und/oder -verfolgungen können dann insbesondere zur Bildung von entsprechenden Fusionsobjekten verwendet werden, die aufgrund der größeren Anzahl der zu ihrer Bildung verwendeten Objekte auch besser definierbar sind.

[0056] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird. Unter einem Computer wird dabei auch jede Datenverarbeitungseinrichtung verstanden, die insbesondere mindestens einen Prozessor, mindestens einen Speicher und Schnittstellen zur Zuführung bzw. zur Abgabe von Daten aufweist. Insbesondere kann der Computer einen digitalen Signalprozessor aufweisen.

[0057] Vorzugsweise ist der Computer bzw. gegebenenfalls ein Computernetzwerk zweikanalig ausgeführt, so dass zwischen den Kanälen Daten zur gegenseitigen Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Fehlerfreiheit austauschbar und überprüfbar sind.

[0058] Weiterhin ist Gegenstand der vorliegenden

Erfindung ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einen Computer ausgeführt wird. Bei dem Datenträger kann es sich insbesondere um nichtflüchtige Speicher in Form von entsprechenden Halbleiterbauelementen, CDs, DVDs oder auch Disketten handeln.

[0059] Darüber hinaus ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen, beweglichen Teil mit wenigstens zwei Videokameras, mittels derer Videobilder zweier verschiedener Sichtfelder erfassbar sind, die sich in einem Überschneidungsbereich in dem Überwachungsbereich wenigstens teilweise überschneiden, und einer mit den Videokameras verbundenen Datenverarbeitungsvorrichtung, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist. Die Datenverarbeitungsvorrichtung kann dabei insbesondere mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm programmiert sein.

[0060] Um eine möglichst vollständige Erfassung des Überwachungsbereichs zu ermöglichen und Verdeckungen von Teilen des Überwachungsbereichs möglichst weitgehend vermeiden zu können, ist es bevorzugt, dass wenigstens drei Videokameras verwendet werden, deren Sichtfelder voneinander verschieden sind und sich in dem Überwachungsbereich überschneiden.

[0061] Die Erfindung wird im Folgenden noch weiter anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0062] [Fig. 1](#) eine schematische Draufsicht auf einen Arbeitsplatz mit einer Gesenkbiegepresse, zwei Fördervorrichtungen, einer Bedienperson und einer Vorrichtung zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und in der Gesenkbiegepresse nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, und

[0063] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht des Arbeitsplatzes in [Fig. 1](#).

[0064] In den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind an einem Arbeitsplatz für eine Bedienperson **10** eine Gesenkbiegepresse **12** als Vorrichtung mit einem angetriebenen beweglichen Teil, zwei Fördereinrichtungen **14** und **16** und eine Vorrichtung zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und in der Gesenkbiegepresse **12** mit vier Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** sowie einer mit den Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** verbundenen Datenverarbeitungseinrichtung **22**, die zur Abgabe von Überwachungssignalen an die Gesenkbiegepresse **12** bzw. eine Steuerung der-

selben mit dieser verbunden ist, angeordnet.

[0065] Auf der Fördervorrichtung **14**, einem Förderband, können Werkstücke **24**, im Beispiel mit der Gesenkbiegepresse **12** zu biegender Bleche einer vorgegebenen Form, dem Arbeitsplatz zugeführt werden, wo sie von der Bedienperson **10** der Fördervorrichtung **14** entnommen, an der Gesenkbiegepresse **12** bearbeitet und nach Bearbeitung zum Weitertransport an eine weitere Bearbeitungsstation auf die ebenfalls durch ein Förderband gegebene Fördervorrichtung **16** gelegt werden können.

[0066] Die Gesenkbiegepresse **12** umfasst, in [Fig. 2](#) nur grob schematisch gezeigt, in einem Träger **26** einen Biegestempel **28**, der über einen in den Figuren nicht gezeigten, mittels eines Steuermoduls steuerbaren Antrieb auf und ab bewegbar ist, sowie ein Biegegesenk **30**, das im Beispiel eine rechtwinklige V-Nut umfasst.

[0067] Zur Bearbeitung eines Werkstücks **24** wird dieses in die Gesenkbiegepresse **12** zwischen den Biegestempel **28** und das Biegegesenk **30** gelegt, woraufhin es durch Bewegung des Biegestempels **28** auf das Biegegesenk **30** zu in eine vorgegebene Form gebogen wird.

[0068] Zur Überwachung des Bereichs vor bzw. neben der Gesenkbiegepresse **12** sind die beiden seitlich des Arbeitsplatzes angeordneten Farb-Videokameras **18**, **18'** und die beiden oberhalb des Arbeitsplatzes angeordneten Farb-Videokameras **20**, **20'** vorgesehen, deren durch gestrichelte Linien gekennzeichneten Sichtfelder **32**, **32'** bzw. **34**, **34'** sich auf mögliche Verdeckungen durch die Gesenkbiegepresse **12** und die Fördervorrichtungen **14** und **16** in dem einen Überwachungsbereich darstellenden Überschneidungsbereich **36** überschneiden, der in [Fig. 1](#) durch strichpunktierte Linien grob schematisch gekennzeichnet ist.

[0069] Die Positionen der Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** relativ zueinander und zu der Gesenkbiegepresse **12** sind fest vorgegeben und bekannt. Darüber hinaus sind die Abbildungseigenschaften der optischen Systeme der Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** bekannt, so dass aus einem Punkt in dem Überschneidungsbereich **36** entsprechenden Videobildpunkten von im Wesentlichen synchron erfassten Videobildern der Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** die Lage dieses Punkts ermittelbar ist.

[0070] Von den Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** in zeitlicher Folge im Wesentlichen synchron erfasste Videobilder bzw. Videobildfolgen werden getrennt der Datenverarbeitungsvorrichtung **22** zugeführt, wo sie zur Durchführung eines Verfahrens zur Überwachung des Überwachungsbereichs **36** nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verarbei-

tet werden. Die Datenverarbeitungseinrichtung **22** umfasst dazu Schnittstellen zur Erfassung der Videobilder und zur Ausgabe von Überwachungssignalen an das Steuermodul der Gesenkbiegepresse **12**, einen mit den Schnittstellen verbundenen Prozessor und mit dem Prozessor verbundene Speichereinrichtungen, in denen u.a. ein Computerprogramm nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gespeichert ist und mit dem der Prozessor zur Durchführung des Verfahrens programmiert ist.

[0071] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Datenverarbeitungsvorrichtung auch in die Videokameras integriert sein, wobei diese miteinander zum Austausch der Daten vernetzt sind.

[0072] Die Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** bilden zusammen mit der Datenverarbeitungsvorrichtung **22** eine Vorrichtung zur Überwachung eines Überwachungsbereichs nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0073] Die Bedienperson **10** trägt Arbeitshandschuhe **38** mit Markierungen **40** sowie Arbeitskleidung **42** mit Markierungen **44**.

[0074] Im Folgenden wird das Verfahren zur Überwachung des Überwachungsbereichs **36** nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung genauer beschrieben.

[0075] Bei einem Betrieb der Gesenkbiegepresse **12** werden in zeitlicher Folge im Wesentlichen synchron von den Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** Videobilder ihres jeweiligen Sichtfeldes **32**, **32'** bzw. **34**, **34'** erfasst und an die Datenverarbeitungsvorrichtung **22** gesendet, in der die vier Videobildfolgen dann zunächst getrennt voneinander weiterverarbeitet werden.

[0076] Für jeden Satz im Wesentlichen synchron erfasster, aktueller Videobilder, im Beispiel jedes Paar von Videobildern, wird ein Zyklus des Verfahrens durchgeführt.

[0077] Auf der Basis der Folgen von Videobildern der Videokameras **18**, **18'** und **20**, **20'** werden getrennt voneinander Objekterkennungs- und -verfolgungsverfahren durchgeführt. Für jede der Folgen wird dabei das gleiche Verfahren verwendet. Aus diesem Grund können sich die Erläuterungen zu den Objekterkennungs- und -verfolgungsverfahren auf das Objekterkennungs- und -verfolgungsverfahren für die Videobilder der Videokamera **18** beschränken.

[0078] In jedem Zyklus werden in dem jeweils aktuellen Videobild Objekte gebildet und klassifiziert. Dazu wird das Videobild anhand der Farbe und Textur von Bildbereichen segmentiert, wobei als Segmente zusammenhängende Bereiche in dem Video-

bild gebildet werden, die Oberflächenbereichen auf entsprechenden Gegenständen entsprechen, die in Bezug auf die Farbe und Textur ähnliche Eigenschaften aufweisen. Jeweils ein zusammenhängender Bereich entspricht dabei einem Objekt. Allen Objekten werden Lagedaten zugeordnet, die deren Lage in dem Videobild wiedergeben. Die Lagedaten können beispielsweise durch den geometrischen Schwerpunkt der zusammenhängenden Bereiche gegeben sein.

[0079] Daraufhin werden die gebildeten Objekte klassifiziert. Dazu werden unterschiedliche Kriterien verwendet.

[0080] So sind in den Videobildern Abschnitte vordefiniert, die dem Teil des Überschneidungsbereichs **36** auf der Fördervorrichtung **14** entsprechen. Objekte, die erstmals in diesen Abschnitten auftreten, werden als Werkstücke klassifiziert, da davon ausgegangen wird, dass auf der Fördervorrichtung **14** nur Werkstücke auftreten können.

[0081] Zusammenhängende Bereiche in dem Videobild, die ein den Markierungen **40** und **44** entsprechendes Muster umschließen, werden in Abhängigkeit von der Farbe als Arbeitshandschuhe **38** oder als Arbeitskleidung **42** einer Bedienperson erkannt und zusammen als Objekte der Klasse Personenbekleidung klassifiziert.

[0082] Nach der Klassifizierung werden zur Bestimmung der Lage der von Gegenständen bzw. Gegenstandsbereichen entsprechende Objekte in den Videobildern einander zugeordnet und entsprechende Fusionsobjekte gebildet, deren Lage, Form und Ausdehnung in Abhängigkeit von den Objektklassen der den Fusionsobjekten zugrunde liegende Objekte und den in den Videobildern erkannten Größen der Objekte erkannt werden.

[0083] Jedem Fusionsobjekt wird dabei in Abhängigkeit von den Klassen der dieses bildenden Objekte eine Fusionsobjektklasse zugeordnet, die weiterhin einen für die Objektklasse typischen Referenzkörper umfasst, der in vereinfachter Weise die Form des Fusionsobjekts im Raum wiedergibt. Aus den jeweiligen Daten in Bezug auf die Lage in den Videobildern unter Berücksichtigung der Lagen und Abbildungseigenschaften der Videokameras **18**, **18'**, **20** und **20'** werden weiterhin Lagen der Fusionsobjekte im Raum ermittelt.

[0084] So ermittelte Fusionsobjekte werden dann, soweit möglich, aus dem vorhergehenden Zyklus bekannten Fusionsobjekten zugeordnet, wobei deren Lagen, Bewegungsgeschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen aktualisiert werden. Die Bewegungsgeschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen ergeben sich dabei aus den Differenzen der Lagen in

dem aktuellen Zyklus und dem vorhergehenden Zyklus und der Zeitspanne zwischen diesen Zyklen.

[0085] Soweit möglich, wird dann aus den Fusionsobjekten eine Fusionsobjektgruppierung gebildet, die Fusionsobjekte umfasst, deren Bewegungen gekoppelt sind. Die Bildung erfolgt, wenn die Fusionsobjekte einen vorgegebenen Höchstabstand voneinander unterschreiten bzw. sich berühren und entweder den Fusionsobjekten vorgegebene Fusionsobjektklassen zugewiesen sind oder die Fusionsobjekte Markierungen von der Art der Markierungen **40** und **44** aufweisen.

[0086] Im Beispiel wird das dem Arbeitshandschuh **38** entsprechende Fusionsobjekt und das der Arbeitskleidung **42** bzw. dem Ärmel derselben entsprechende Fusionsobjekt zu einer Fusionsobjektgruppierung "Arm" zusammengefasst, das den gesamten Arm der Bedienperson darstellen soll.

[0087] Jedem neuen Fusionsobjekt, das nicht Teil einer Fusionsobjektgruppierung ist, und jeder neuen Fusionsobjektgruppierung wird dann eine Klasse für Fusionsobjekte bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugewiesen. Dazu sind drei Fusionsobjektklassen vorgesehen, nämlich solche für sicherheitskritische Gegenstände, die unter allen Umständen zu schützen sind. Hierunter fallen insbesondere Personen. Weiterhin ist Klasse für Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen für neutrale Gegenstände vorgesehen, die nicht zu schützen sind und beispielsweise insbesondere mit dem Biegestempel **28** als potentiell gefährlichem Teil der Gesenkbiegepresse **12** in Kontakt kommen dürfen. Ein Beispiel hierfür ist das Werkstück **24**.

[0088] Schließlich kann eine Klasse für Fusionsobjekte und eine Klasse für Fusionsobjektgruppierungen vorgesehen werden, in die Gegenstände fallen, die nicht mit anderen Objekten kollidieren sollten.

[0089] Fusionsobjekten, insbesondere solchen, die zu schützenden Gegenständen entsprechen, werden weiterhin Schutzbereiche bzw. -felder zugeordnet. Dies geschieht in Abhängigkeit von wenigstens einem oder mehreren Faktoren.

[0090] Im vorliegenden Beispiel werden Schutzbereiche Paaren von Fusionsobjekten und/oder Fusionsobjektgruppierungen zugeordnet, die entweder zwei Fusionsobjekte, zwei Fusionsobjektgruppierungen oder ein Fusionsobjekt und eine Fusionsobjektgruppierung umfassen. Der Schutzbereich wird dabei einem Fusionsobjekt bzw. einer Fusionsobjektgruppierung des Paares zugeordnet, wobei eine Verletzung des Schutzbereichs durch das andere Fusionsobjekt oder die andere Fusionsobjektgruppierung des Paares überprüft wird.

[0091] Der Fusionsobjektgruppierung "Arm" bzw. den dieses konstituierenden Fusionsobjekten ist jeweils in Bezug auf den Biegestempel **28** bzw. ein entsprechendes Fusionsobjekt ein Schutzbereich zugeordnet, der in seiner Form der Form der Fusionsobjektgruppierung entspricht, wobei die Ausdehnung durch die maximal zu erwartende Geschwindigkeit der Bewegung der Fusionsobjektgruppierung und die Zeit gegeben ist, die erforderlich ist, um die Bewegung des Biegestempels **28** zu stoppen.

[0092] Beispielsweise wird einem Fusionsobjekt wie der Hand als zu schützendes Fusionsobjekt in Verbindung mit dem Biegestempel **28** als neutralem Fusionsobjekt ein Schutzbereich zugewiesen, dessen Größe davon abhängt, wie schnell sich das Fusionsobjekt, d.h. im Beispiel die Hand, bewegen kann und welche Zeit bzw. welcher Weg notwendig ist, um die Bewegung des Biegestempels **28** zu stoppen.

[0093] Einem Paar aus einem Werkstück **24** und einer Hand ist dagegen kein Schutzbereich bzw. ein Schutzbereich mit Ausdehnung Null zugeordnet, da die Hand das Werkstück zur Bearbeitung berühren können muss.

[0094] Tritt nun ein Fusionsobjekt oder eine Fusionsobjektgruppierung in einen Schutzbereich eines anderen Fusionsobjekts oder einer Fusionsobjektgruppierung ein, so wird ein Überwachungssignal an das Steuermodul der Gesenkbiegepresse **12** abgegeben, auf das hin die Bewegung des Biegestempels **28** gestoppt wird. Beispielsweise kann eine Hand, die ein zu biegendes Blech hält, durch eine Bewegung des Blechs beim Biegen zwischen dem Pressbalken der Biegepresse und dem Blech eingeklemmt werden, wenn der entsprechende Abschnitt des Blechs durch den Biegevorgang auf den Pressbalken zu bewegt wird. Diese Situation kann mit dem beschriebenen Verfahren leicht erkannt werden.

[0095] Weiterhin wird die Bewegung des das Werkstück **24** darstellenden Fusionsobjekts und der den "Arm" darstellenden Fusionsobjektgruppierung in Abhängigkeit von entsprechenden Lagen in vorhergehenden Zyklen für weitere Zyklen, beispielsweise vier Zyklen, vorhergesagt und am Ende des Vorhersagezeitraums geprüft, ob eine Schutzbereichsverletzung vorliegt.

[0096] Ist dies der Fall, wird ein entsprechendes Überwachungssignal an die Gesenkbiegepresse **12** ausgegeben, die daraufhin zunächst nur die Geschwindigkeit reduziert, mit der der Biegestempel **28** in Richtung auf das Biegegesenk **30** zu bewegt wird.

[0097] Darüber hinaus wird laufend überprüft, ob in dem Überwachungsbereich **36** Teile verdeckt sind. Ist dies der Fall, wird ein entsprechendes Überwachungssignal an die Gesenkbiegepresse **12** ausge-

geben, die daraufhin die Bewegung des Biegestempels **28** stoppt.

[0098] Schließlich wird laufend überprüft, ob die den Markierungen **40** und **44** entsprechenden Videobereiche entsprechenden Referenzdaten für die Markierungen entsprechen. Ist dies nicht der Fall, wird von einer Änderung der Beleuchtungsbedingungen ausgegangen und die erfassten Videobilder und/oder Auswertalgorithmen werden, wenn möglich, entsprechend korrigiert. Andernfalls wird ein Warnsignal ausgegeben.

[0099] Das Überwachungsverfahren erlaubt daher eine differenzierte Reaktion auf verschiedene Gefährdungssituationen für die Bedienperson **12**, wobei gleichzeitig eine Echtzeitverarbeitung der Videobilder ermöglicht wird.

Bezugszeichenliste

10	Bedienperson
12	Gesenkbiegepresse
14	Fördervorrichtung
16	Fördervorrichtung
18, 18'	Videokameras
20, 20'	Videokameras
22	Datenverarbeitungsvorrichtung
24	Werkstück
26	Träger
28	Biegestempel
30	Biegegesenk
32, 32'	Sichtfelder
34, 34'	Sichtfelder
36	Überschneidungs- bzw. Überwachungsbereich
38	Arbeitshandschuh
40	Marke
42	Arbeitskleidung
44	Marken

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung eines Überwachungsbereichs (**36**) und/oder in einer Vorrichtung (**12**) mit wenigstens einem angetriebenen, beweglichen Teil (**28**) bei dem Videobilder verwendet werden, die in zeitlicher Folge von wenigstens zwei Videokameras (**18, 18', 20, 20'**) erfasst wurden, deren Sichtfelder (**32, 32', 34, 34'**) sich wenigstens teilweise in einem Überschneidungsbereich (**36**) in dem Überwachungsbereich (**36**) überschneiden, auf der Basis der von einer ersten der Videokameras (**18, 18', 20, 20'**) erfassten ersten Videobilder eine erste und auf der Basis der von einer zweiten der Videokameras (**18, 18', 20, 20'**) erfassten zweiten Videobilder eine zweite Erkennung und/oder Verfolgung von Objekten, die Gegenständen (**24, 28, 38, 42**) wenigstens in dem Überschneidungsbereich entspre-

chen, durchgeführt wird, zur Klassifizierung und/oder Bestimmung der Lage und/oder Bewegung wenigstens eines Gegenstandes (**24, 28, 38, 42**) in dem Überschneidungsbereich (**36**), dem Gegenstand (**24, 28, 38, 42**) entsprechende Objekte der ersten und der zweiten Objekterkennung und/oder -verfolgung ermittelt und für beide Objekte bei deren Objekterkennung und/oder -verfolgung jeweils ermittelte Daten ausgewertet werden, und in Abhängigkeit von der Auswertung wenigstens ein Überwachungssignal gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Definition von Objekten in den Videobildern zusammenhängende Bereiche ermittelt werden, die Oberflächenbereichen auf einem einem Objekt entsprechenden Gegenstand (**24, 28, 38, 42**) entsprechen, die gemäß wenigstens einem vorgegebenen Kriterium ähnliche Oberflächeneigenschaften aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Definition der Objekte in den Videobildern zusammenhängende Bereiche ermittelt werden, die gemäß wenigstens einem vorgegebenen Kriterium ähnliche Grauwerte und/oder Farben und/oder Texturen aufweisen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den Objekten wenigstens eine Objektklasse zugewiesen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf Objekten vorgegebene Merkmale (**40, 44**) erkannt werden, und dass den Objekten in Abhängigkeit von den erkannten, vorgegebenen Merkmalen (**40, 44**) wenigstens eine Objektklasse zugeordnet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Objekterkennung und/oder -verfolgung nur bewegliche Objekte erkannt bzw. verfolgt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung wenigstens eines beweglichen Objekts aus den verwendeten Videobildern ein sich im Laufe der Zeit nicht bewegend und/oder verändernder Hintergrund eliminiert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass demselben Gegenstand (**24, 28, 38, 42**) entsprechenden Objekten der ersten und zweiten Objekterkennung und/oder -verfolgung ein Fusionsobjekt zugeordnet wird, dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften in Abhängigkeit von Daten in Bezug auf

die Lagen und/oder Bewegungen und/oder Eigenschaften der dem Gegenstand (**24, 28, 38, 42**) entsprechenden Objekte ermittelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass nach Bildung eines Fusionsobjekts in einem Zyklus dessen Daten in Bezug auf dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften in Abhängigkeiten von den Daten der dem Gegenstand (**24, 28, 38, 42**) entsprechenden Objekte in Bezug auf deren Lagen und/oder Bewegungen und/oder Eigenschaften in wenigstens einem folgenden Zyklus aktualisiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Fall, dass bei der Objektverfolgung eines einem Fusionsobjekt zugeordneten Objekts dieses in einem aktuellen Videobild nicht erkannt wird, zur Ermittlung von Daten in Bezug auf die Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften des Fusionsobjekts nur die Daten eines anderen, dem Fusionsobjekt zugeordneten Objekts in Bezug auf dessen Lage und/oder Bewegung und/oder Eigenschaften verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus wenigstens zwei Objekten oder Fusionsobjekten, deren Bewegung gekoppelt ist, eine Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung gebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einem Fusionsobjekt und/oder einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung eine Fusionsobjektklasse bzw. eine Klasse für Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordnet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass auf Objekten vorgegebene Merkmale erkannt werden, und dass den Fusionsobjekten und/oder Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen in Abhängigkeit von den erkannten, vorgegebenen Merkmalen (**40, 44**) auf den Fusionsobjekten bzw. Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordneten Objekten wenigstens eine Fusionsobjektklasse bzw. Klasse für Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen zugeordnet wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einem Objekt und/oder einem Fusionsobjekt und/oder einer Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung eine Klasse für Objekte bzw. Fusionsobjekte bzw. Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierungen in Abhängigkeit davon zugeordnet wird, ob wenigstens ein Abschnitt des Objekts bzw. des Fusionsobjekts bzw. der Objekt- bzw. Fusionsobjektgruppierung in einen vorgegebenen Abschnitt des Überwachungsbereichs (**36**) bewegt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, wenigstens eine Klasse für Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen für sicherheitskritische Fusionsobjekte bzw. Fusionsobjektgruppierungen und wenigstens eine Klasse für Fusionsobjekte und/oder Fusionsobjektgruppierungen für neutrale Fusionsobjekte bzw. Fusionsobjektgruppierungen verwendet werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, wenigstens einem beweglichen Fusionsobjekt und/oder einer beweglichen Fusionsobjektgruppierung ein Schutzbereich zugewiesen wird, und dass geprüft wird, ob ein anderes Fusionsobjekt und/oder eine andere Fusionsobjektgruppierung in den Schutzbereich eintritt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einem Fusionsobjekt und/oder einer Fusionsobjektgruppierung eine Klasse zugewiesen wird, und dass dem Fusionsobjekt bzw. der Fusionsobjektgruppierung wenigstens in Abhängigkeit von der zugewiesenen Klasse ein Schutzbereich zugewiesen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass einem Fusionsobjekt und/oder einer Fusionsobjektgruppierung wenigstens in Abhängigkeit von dessen bzw. deren Lage und/oder Bewegung, insbesondere Bewegungsrichtung und/oder Bewegungsgeschwindigkeit, ein Schutzbereich zugewiesen wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Bewegung wenigstens eines Fusionsobjekts und/oder einer Fusionsobjektgruppierung zu wenigstens einem zukünftigen Zeitpunkt vorhergesagt wird, dass geprüft wird, ob zu und/oder bis zu dem Zeitpunkt ein Fusionsobjekt und/oder eine Fusionsobjektgruppierung in den Schutzbereich oder das Fusionsobjekt bzw. die Fusionsobjektgruppierung in den Schutzbereich eines anderen Fusionsobjekts und/oder einer anderen Fusionsobjektgruppierung eintritt, und dass bei Feststellung eines Eintritts ein entsprechendes Überwachungssignal abgegeben wird.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass geprüft wird, ob ein vorgegebener Abschnitt des Überschneidungsbereichs (36), insbesondere ein Gefahrbereich, in wenigstens einem der Videobilder verdeckt ist.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf wenigstens einem Objekt, das einem Gegenstand (38, 42) eines vorgegebenen Typs ent-

spricht, wenigstens eine vorgegebene Markierungen (40, 44) erkannt wird, die charakteristisch für den Typ von Gegenstand ist, dass dem Objekt entsprechende Teile wenigstens eines Videobildes mit Referenzdaten verglichen werden, die für den Typ von Gegenstand vorgegeben sind, und dass in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs Veränderungen der Bedingungen in wenigstens einem Teil des Überwachungsbereichs, insbesondere Beleuchtungsbedingungen, und/oder eine Beeinträchtigung einer zur Erfassung des entsprechenden Videobildes verwendeten Videokamera erkannt werden.

22. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer (22) ausgeführt wird.

23. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21 durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer (22) ausgeführt wird.

24. Vorrichtung zur Überwachung eines Überwachungsbereichs neben und/oder in einer Vorrichtung mit wenigstens einem angetriebenen, beweglichen Teil mit wenigstens zwei Videokameras (18, 18', 20, 20'), mittels derer Videobilder zweier verschiedener Sichtfelder (32, 32', 34, 34') erfassbar sind, die sich in einem Überschneidungsbereich (36) in dem Überwachungsbereich (36) wenigstens teilweise überschneiden, und einer mit den Videokameras verbundenen Datenverarbeitungsvorrichtung (22), die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 21 ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

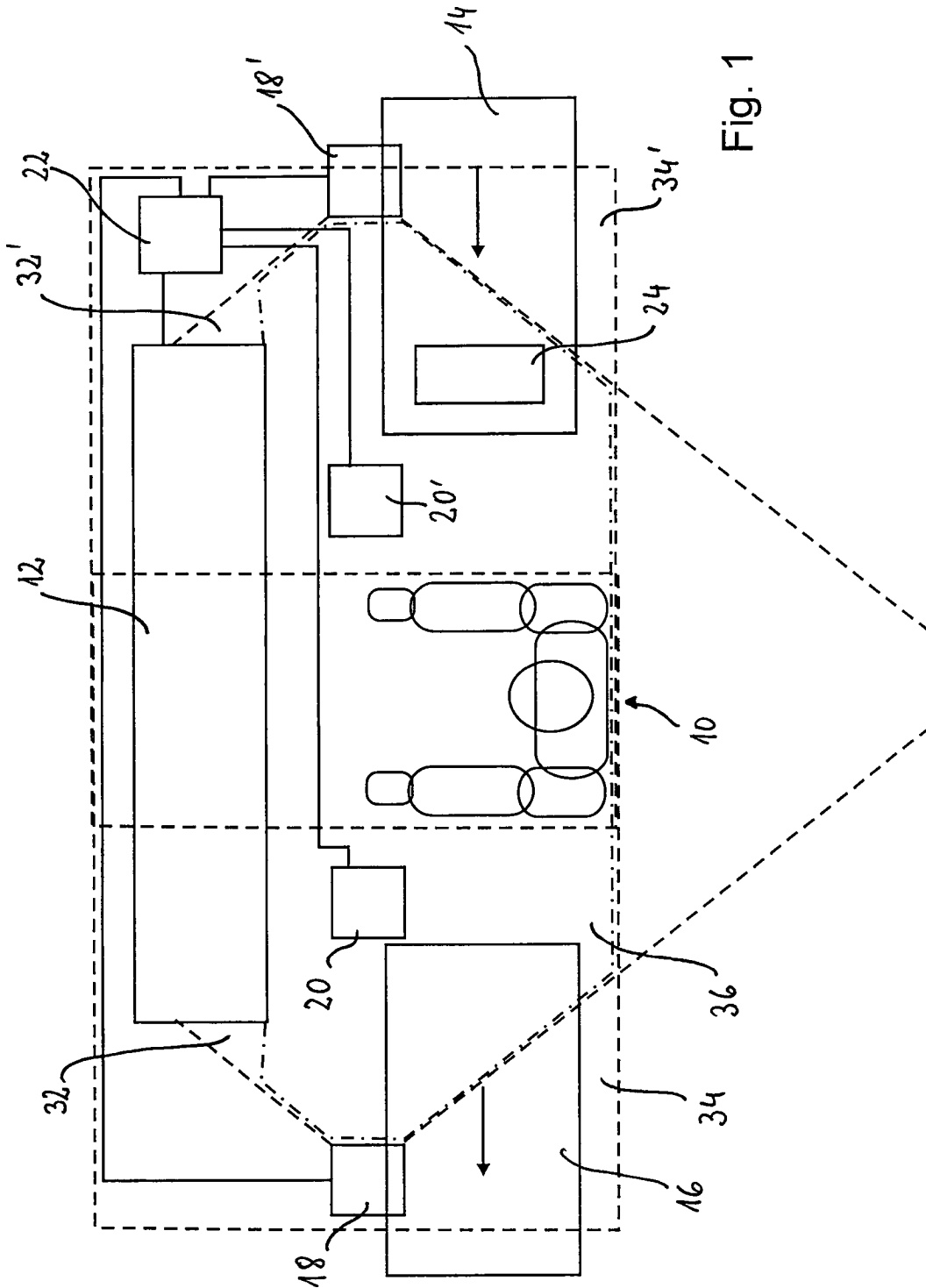


Fig. 1

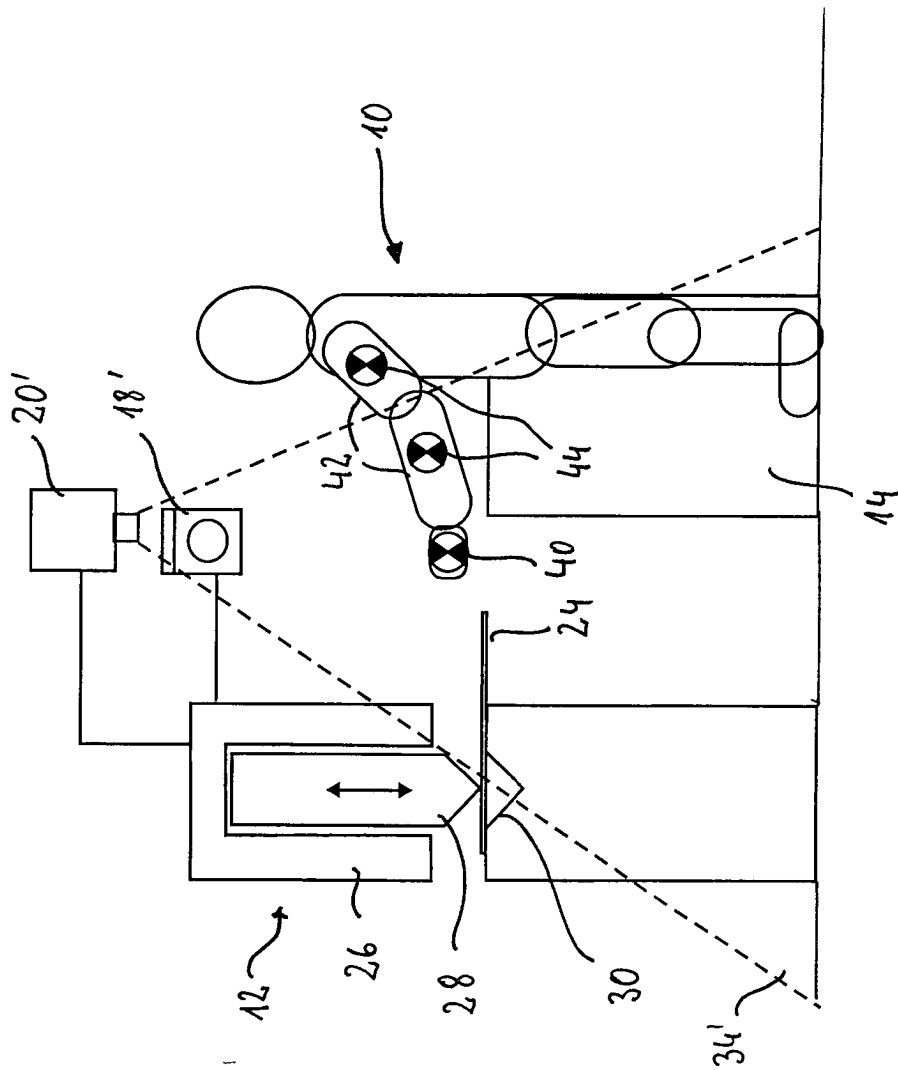


Fig. 2