

Beschreibung

Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans in einer Kranfahrspur.

Ferner betrifft die Erfindung eine Steuereinheit mit Mitteln zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

10

Die Erfindung betrifft überdies ein Computerprogramm zur Durchführung eines derartigen Verfahrens bei Ablauf in einer Steuereinheit.

- 15 Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Sicherheitssystem mit zumindest einem, insbesondere optischen, Sensor und einer derartigen Steuereinheit.

- 20 Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Kran mit zumindest einem derartigen Sicherheitssystem.

- Insbesondere in Container-Terminals laufen Verladevorgänge mit Hilfe von Kranen zunehmend automatisiert, also ohne manuelle Eingriffe von Operatoren, ab. Um die Sicherheit der Verladevorgänge, insbesondere bei automatisiert arbeitenden Kranen, zu gewährleisten, besteht ein großer Bedarf an Sicherheitssystemen und Schutzvorrichtungen, die bei Kranbewegungen die Fahrspuren bzw. das Umfeld überwachen, um Kollisionen mit Gegenständen oder Personen zu vermeiden.

30

- In derartigen Terminals kommen beispielsweise Portalkrane, insbesondere Containerkrane, welche auch Containerbrücken genannt werden, zum Einsatz. Derartige Portalkrane werden in einer Kranfahrspur, beispielsweise auf Schienen, bewegt. Gummibereifte Portalkrane, sogenannte RTGs (rubber tired gantry cranes) werden ohne Schienen bewegt. Da es auf der Kranfahrspur zu Störungen durch Hindernisse wie Personen und/oder Objekte, z.B. fälschlicherweise abgestellte Autos, Transport-

35

fahrzeugen oder Werkzeuge, kommen kann, besteht ein Bedarf an Sicherheitssystemen und Schutzvorrichtungen zur Erfassung derartiger Störungen.

- 5 Die Offenlegungsschrift EP 3 750 842 A1 beschreibt ein Verfahren zum Verladen einer Last mittels eines Kransystems, wobei mittels eines Kamerasystems des Kransystems wenigstens ein Bilddatenstrom erzeugt und mittels einer Recheneinheit anhand eines künstlichen neuronalen Netzes analysiert wird.
- 10 Basierend auf der Analyse werden mittels der Recheneinheit ein erster und ein zweiter Marker in jeweiligen Einzelbildern des wenigstens einen Bilddatenstroms erkannt. Positionen der Marker werden bestimmt und die Last wird mittels eines Hebezeugs des Kransystems abhängig von den Positionen der Marker
- 15 automatisiert verladen.

- Die Offenlegungsschrift EP 3 733 586 A1 beschreibt ein Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung einer Last mit einem Kran in einem Raum mit mindestens einem Hindernis. Um auf
- 20 möglichst einfache Weise einen Sicherheitslevel zu erfüllen, wird vorgeschlagen, dass eine Position des Hindernisses bereitgestellt wird, wobei zumindest eine sichere Zustandsgröße der Last bereitgestellt wird, wobei aus der sicheren Zustandsgröße eine die Last umgebende Sicherheitszone ermittelt
- 25 wird, wobei die Sicherheitszone in Relation zur Position des Hindernisses dynamisch überwacht wird.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein zuverlässiges Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans in einer
- 30 Kranfahrspur anzugeben.

- Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans in einer Kranfahrspur gelöst, welches folgende Schritte umfasst: Erfassen eines ersten
- 35 Trainingsdatensatzes von Rohdaten mittels zumindest eines, insbesondere optischen, Sensors bei einer Bewegung des Krans außerhalb des Kranbetriebes in der Kranfahrspur; Auswerten des ersten Trainingsdatensatzes unter Anlernen eines

ersten neuronalen Netzes basierend auf den erfassten Rohdaten; Ermitteln von ersten Trainingsdaten aus dem ausgewerteten ersten Trainingsdatensatz; Erfassen von aktuellen Sensordaten mittels des zumindest einen, insbesondere optischen,
5 Sensors bei einer Bewegung des Krans während des Kranbetriebes in der Kranfahrspur; Vergleichen der aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten und Detektieren einer Anomalie zwischen den aktuellen Sensordaten und den ersten Trainingsdaten.

10

Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch eine Steuereinheit mit Mitteln zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

15 Überdies wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein Computerprogramm zur Durchführung eines derartigen Verfahrens bei Ablauf in einer Steuereinheit.

Des Weiteren wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch
20 ein Sicherheitssystem mit zumindest einem, insbesondere optischen, Sensor und einer derartigen Steuereinheit.

Darüber hinaus wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch
einen Kran mit zumindest einem derartigen Sicherheitssystem.

25

Die in Bezug auf das Verfahren nachstehend angeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen lassen sich sinngemäß auf die Steuereinheit, das Computerprogramm, das Sicherheitssystem und den Kran übertragen.

30

Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, zuverlässig Kollisionen bei der Bewegung eines Krans in einer Kranfahrspur zu vermeiden, indem mögliche Hindernisse wie Personen und/oder Gegenstände während des Kranbetriebes als Anomalien
35 erkannt werden. Eine Anomalie ist eine Abweichung von einer „Normal-Situation“, welche auch „Soll-Situation“ genannt wird. Das Erkennungsverfahren basiert auf einem ersten neuronalen Netz, das außerhalb des eigentlichen Kranbetriebes

vorab trainiert wird. Zusätzlich können während des Betriebes weitere Trainingsdaten zur nachträglichen Optimierung gesammelt werden. Hierbei wird ein erster Trainingsdatensatz aus, beispielsweise zeitlich aufeinanderfolgenden oder randomisierten, Rohdaten, welche mittels zumindest eines, insbesondere optischen, Sensors erfasst werden, ermittelt. Insbesondere beinhaltet der erste Trainingsdatensatz Rohdaten von Tag- und Nachtzeiten sowie unterschiedlichen Witterungsverhältnissen der Kran-Fahrspuren, welche bei einer Bewegung des Krans in einer „Normal-Situation“ erfasst werden. Der erste Trainingsdatensatz wird unter Anlernen des ersten neuronalen Netzes basierend auf den erfassten Rohdaten ausgewertet, wobei erste Trainingsdaten aus dem ausgewerteten Trainingsdatensatz ermittelt werden. Das beschriebene Einlernen des ersten neuronalen Netzes erfolgt beispielsweise bei einer Inbetriebnahme des Krans und/oder während einer Projektphase. Das Einlernen kann „offline“, z.B. in einer Cloud erfolgen. Die Daten müssen nicht vollständig vom selben Kran stammen.

Während des Kranbetriebes werden aktuelle Sensordaten mittels des zumindest einen, insbesondere optischen, Sensors bei einer Bewegung des Krans in der Kranfahrspur erfasst. Daraufhin werden die aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten verglichen. Befindet sich ein Hindernis wie eine Person und/oder ein Gegenstand, im Bereich der Kranfahrspur und wird von zumindest einem Sensor erfasst, wird eine Anomalie zwischen den aktuellen Sensordaten und den ersten Trainingsdaten detektiert, sodass beispielsweise ein Alarm ausgelöst werden kann und/oder der Verladeprozess des Krans automatisch gestoppt werden kann. Erkannt werden Anomalien, die nicht der „Normal-Situation“ entsprechen. Die Anomalie-Detektion erfolgt unabhängig von einer Art, einer Form und eines Typs des Objektes, da nicht vorhersagbar ist, welches Objekt sich im Bereich der Kranfahrspur befinden kann und ob dieses ein Hindernis für den Kran darstellt. Eine Steuereinheit, welche insbesondere dem Kran zugeordnet ist, weist Mittel zur Durchführung des Verfahrens auf, welche beispielsweise einen digitalen Logikbaustein, insbesondere einen Mikroprozessor, einen

Mikrocontroller oder einen ASIC (application-specific integrated circuit) umfassen. Zusätzlich oder alternativ umfassen die Mittel zur Durchführung des Verfahrens eine GPU oder einen sogenannten „AI Accelerator“.

5

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das erste neuronale Netz während des Einlernens zumindest teilweise einer zentralen IT-Infrastruktur zugeordnet ist, wobei die Rohdaten zum Auswerten des Trainingsdatensatzes an die zentrale IT-Infrastruktur gesendet werden. Eine zentrale IT-Infrastruktur ist beispielsweise mindestens ein lokales Computersystem, welches nicht dem Kran zugeordnet ist, und/oder eine Cloud. Die zentrale IT-Infrastruktur stellt Speicherplatz, Rechenleistung und/oder Anwendungssoftware bereit. In der Cloud werden Speicherplatz, Rechenleistung und/oder Anwendungssoftware als Dienstleistung über das Internet zur Verfügung gestellt. Eine derartige Cloud-Umgebung ist beispielsweise die „MindSphere“. Die, insbesondere digitale, Datenübertragung mit der zentrale IT-Infrastruktur findet beispielsweise drahtlos statt. Insbesondere werden die Daten über WLAN übertragen. Da das Auswerten des ersten neuronalen Netzes unter Anlernen des ersten Trainingsdatensatzes große GPU/CPU Leistungen erfordert, ist es vorteilhaft die Auswertung in einer derartigen zentralen IT-Infrastruktur durchzuführen, um Zeit und Kosten zu sparen.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die ersten Trainingsdaten von der zentralen IT-Infrastruktur an ein dem Kran zugeordnetes Detektionsmodul gesendet werden. Somit wird ermöglicht, dass das Vergleichen der aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten und die Anomalie-Detektion schnell und zuverlässig ablaufen, da Verzögerungen und mögliche Störungen bei der Verbindung mit der zentralen IT-Infrastruktur während des eigentlichen Kranbetriebes vermieden werden.

35

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der zumindest eine, insbesondere optische, Sensor als Kamera ausgeführt ist, wobei mittels der Kamera Fahrspur-Markierungen im Be-

reich der Kranfahrspur erfasst werden. Derartige Fahrspur-Markierungen sind beispielsweise schraffierte Flächen, Linien oder Schienen. Die zumindest eine Kamera ist beispielsweise als Analog- und/oder als IP-Kamera ausgeführt. Eine Kamera
5 ist, insbesondere im Vergleich zu einem radar- oder laserbasierten System, kostengünstig. Insbesondere sind die Kameras, beispielsweise zum Zwecke einer Fernsteuerung und/oder für ein automatisches Fahren des Krans, ASA (Auto Steering Assistance System) genannt, bereits installiert, sodass keine
10 zusätzliche Hardware erforderlich ist und ein zusätzlicher Kostenvorteil entsteht.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass eine Plausibilität der Detektion der Anomalie mittels einer Konfidenz-
15 Schätzung des ersten neuronalen Netzes überprüft wird. Durch eine derartige Plausibilitätsüberprüfung wird die Zuverlässigkeit des Verfahrens weiter erhöht.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das Verfahren
20 folgende zusätzliche Schritte umfasst: Bereitstellen von zweiten Trainingsdaten aus einem zweiten Trainingsdatensatz und Einlernen eines zweiten neuronalen Netzes, Vergleichen der aktuellen Sensordaten mit den zweiten Trainingsdaten und Detektieren eines Objektes in den aktuellen Sensordaten. Ins-
25 besondere ist das zweite neuronale Netz für eine Objekterkennung vortrainiert. Vortrainierte Objekte sind beispielsweise Personen, Autos, Transportfahrzeuge, Hebwerkzeuge und/oder Container. Eine Redundanz durch eine Kombination einer Anomalie-Detektion mit einer Objekt-Detektion erhöht die Stabili-
30 tät und damit die Zuverlässigkeit des Verfahrens zusätzlich.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das Detektieren des Objektes gleichzeitig mit dem Detektieren der Anomalie erfolgt. Durch die gleichzeitige Kombination der Ergebnisse
35 beider Detektionsverfahren wird eine größtmögliche Stabilität und Geschwindigkeit des Verfahrens erreicht.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das Detektieren des Objektes, in dem den Kran zugeordneten Detektionsmodul erfolgt. Durch ein derartiges lokales Detektionsverfahren wird ein schneller und zuverlässiger Ablauf ermöglicht, da
5 Verzögerungen und mögliche Störungen durch zusätzliche Verbindungen bis hin zu einem zeitweisen Ausfall der Datenübertragung vermieden werden.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass eine Plausibilität der Detektion des Objektes mittels einer Konfidenz-
10 Schätzung des zweiten neuronalen Netzes überprüft wird. Durch eine derartige Plausibilitätsüberprüfung wird die Zuverlässigkeit des Verfahrens weiter erhöht.

15 Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der Kran nach dem Detektieren der Anomalie und/oder dem Detektieren des Objektes gestoppt wird. Durch eine derartige Redundanz wird eine größtmögliche Stabilität des Verfahrens erreicht.

20 Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der Kran, insbesondere vollständig, automatisiert in der Kranfahrspur bewegt wird. Eine derartige, insbesondere vollständig, automatisierte Bewegung des Krans während des Kranbetriebes beschleunigt den Be- und Entladeprozess und spart dadurch Kosten.

25 Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

30 FIG 1 eine schematische Darstellung eines Portalkrans,

FIG 2 ein Ablaufdiagramm eines ersten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans,

35 FIG 3 ein Ablaufdiagramm eines zweiten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans,

FIG 4 ein Ablaufdiagramm eines dritten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans,

5 FIG 5 ein Ablaufdiagramm eines vierten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans,

FIG 6 ein Ablaufdiagramm einer Bildauswertung in einem Detektionsmodul,

10 FIG 7 ein erstes Beispielbild mit einer Fahrbahnmarkierung und

FIG 8 ein zweites Beispielbild mit einer Fahrbahnmarkierung.

15

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

20
25

Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

30

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Krans 2, welcher in einer Kranfahrspur 4 in eine erste Fahrtrichtung 6 und in eine zweite Fahrtrichtung 8 bewegbar ist. Der Kran 2 ist beispielhaft als gummibereifter Portalkran, insbesondere Containerkran, ausgeführt, welcher Stützen 10 aufweist, die über eine Kranbrücke 12 verbunden sind. Ein Spreader und ein Trolley sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in FIG 1 nicht dargestellt. Während eines Kranbetriebes wird der Kran 2 zum

35

Be- und/oder Entladen von als Containern ausgeführten Lasten 14 anhand von Fahrspur-Markierungen 16 automatisiert bewegt. Die Fahrspur-Markierungen 16 sind beispielsweise als schraffierte Flächen ausgeführt. Alternativ wird der Kran 2
5 automatisiert auf Schienen bewegt. Für die automatisierte Bewegung des Krans 2 in der Kranfahrspur 4 wird zumindest ein, insbesondere optischer, Sensor 18 verwendet. Beispielfhaft weist der Kran 2 in FIG 1 jeweils zwei Sensoren 18 für eine Fahrtrichtung 6,8 auf. Beispielsweise sind die Sensoren 18
10 als Kameras zur Erfassung der Fahrspur-Markierungen 16 im Bereich der Kranfahrspur 4 ausgeführt, wobei jeweils eine der beiden Kameras für die jeweilige Fahrtrichtung 6, 8 an einer der Stützen 10 des Krans 2 montiert ist und einen Erfassungsbereich 20 in die jeweilige Fahrtrichtung 6, 8 aufweist. Insbesondere sind die Kameras in einem Wetterschutzgehäuse mit einem Sonnendach angeordnet und in einem Winkel von 20° bis 30°, insbesondere 25°±2° nach unten installiert, um eine Beeinträchtigung der Bilderfassung durch Witterung, z.B. durch Sonne und Regen, auch über einen längeren Zeitraum zu minimieren. Insbesondere sind die vier als Kameras ausgeführten Sensoren 18, beispielsweise zum Zwecke einer Fernsteuerung und/oder für ein automatisches Fahren des Krans 2, ASA (Auto Steering Assistance System) genannt, bereits am Kran 2 installiert, sodass keine zusätzliche Sensor-Hardware erforderlich ist. Die von den Sensoren 18 erfassten Daten werden an ein Detektionsmodul 22 zur Videoauswertung übertragen. Das Detektionsmodul 22 umfasst die Kranautomatisierung, welche auch Crane-PLC genannt wird, und eine Steuereinheit 23 zur Steuerung des Verfahrens. Abhängig von der Fahrtrichtung 6, 8
20 wird eine Auswertung für die jeweilige Kameraseite durchgeführt. Insbesondere werden die Kameras der jeweiligen Kameraseite gleichzeitig ausgewertet und durchlaufen parallel den gleichen Detektionsprozess. Das Detektionsmodul 22 ist über eine digitale Datenverbindung 24 mit einer zentralen
35 IT-Infrastruktur 26 verbunden. Eine zentrale IT-Infrastruktur 26 ist beispielsweise mindestens ein lokales Computersystem, welches nicht dem Kran zugeordnet ist, und/oder eine Cloud. Die zentrale IT-Infrastruktur 26 stellt

Speicherplatz, Rechenleistung und/oder Anwendungssoftware bereit. In der Cloud werden Speicherplatz, Rechenleistung und/oder Anwendungssoftware als Dienstleistung über das Internet zur Verfügung gestellt. Eine derartige Cloud-Umgebung ist beispielsweise die „MindSphere“. Die, insbesondere digitale, Datenübertragung findet beispielsweise drahtlos statt. Insbesondere werden die Daten über WLAN übertragen. Die zentrale IT-Infrastruktur 26 umfasst in FIG 1 ein erstes neuronales Netz 28. Insbesondere umfasst das dem Kran 2 zugeordnete Detektionsmodul 22 ein erstes neuronales Netz 28, welches über die zentrale IT-Infrastruktur 26 bereitgestellt wird.

FIG 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines ersten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans 2, wobei der Kran 2 beispielsweise wie in FIG 1 ausgeführt ist. Das Verfahren umfasst ein Erfassen 30 eines ersten Trainingsdatensatzes von zeitlich aufeinanderfolgenden Rohdaten mittels zumindest eines, insbesondere optischen, Sensors 18 bei einer Bewegung des Krans 2 außerhalb eines Kranbetriebes in der Kranfahrspur 4. Zusätzlich können während des Betriebes weitere Trainingsdaten zur nachträglichen Optimierung gesammelt werden. Insbesondere wird der erste Trainingsdatensatz erfasst, wenn der Kran 2 in die erste Fahrtrichtung 6 und in die zweite Fahrtrichtung 8 bewegt wird. Die Rohdaten sind beispielsweise als Kamerabilder ausgeführt, die während der Bewegungen des Krans 2 zyklisch eingelesen und dem Detektionsmodul 22 zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere werden mittels zumindest einer Kamera Fahrspur-Markierungen 16 im Bereich der Kranfahrspur 4 erfasst.

Daraufhin erfolgt ein Auswerten 32 des ersten Trainingsdatensatzes unter Anlernen eines ersten neuronalen Netzes 28 basierend auf den erfassten Rohdaten. Die Rohdaten umfassen beispielsweise Bildsequenzen von Tag- und Nachtzeiten sowie unterschiedlichen Witterungsverhältnissen der Kranfahrspur 4 in einer „Normal-Situation“ bzw. „Soll-Situation“. Insbesondere werden den Bildsequenzen manuell oder automatisiert Zusatzinformationen, welche beispielsweise in einem zusätzli-

chen Text-File abgelegt werden, zugeordnet. Die Zusatzinformationen umfassen beispielsweise Label-Informationen. Eine Label-Information beinhaltet Informationen, wo sich in einem Bild ein Such-Muster befindet. Da in Terminals beispielsweise mit unterschiedlichen Fahrspur-Markierungen 16 gearbeitet wird, können beim Anlernen des ersten neuronalen Netzes 28 noch nicht bekannte Typen von Fahrspur-Markierungen 16, welche insbesondere Objekt-Klassen genannt werden, trainiert werden. Beispielsweise ist das erste neuronale Netz 28 zumindest teilweise der zentralen IT-Infrastruktur 26 zugeordnet, wobei die Rohdaten zum Auswerten 32 des ersten Trainingsdatensatzes an die zentrale IT-Infrastruktur 26 gesendet werden, da hierzu große GPU/CPU Leistungen erforderlich sind. Beispielsweise wird auf einem bereits trainierten ersten neuronalen Netz 28 aufgesetzt, wobei dieses ertüchtigt wird, neue, insbesondere projektspezifische, Fahrspur-Markierungen 16 zu erkennen.

Daraufhin erfolgt ein Ermitteln 34 von ersten Trainingsdaten aus dem ausgewerteten ersten Trainingsdatensatz, wobei die ersten Trainingsdaten von der zentralen IT-Infrastruktur 26 an das Detektionsmodul 22 des Kran 2 gesendet werden. Das beschriebene Einlernen mittels des ersten neuronalen Netzes 28 erfolgt beispielsweise bei einer Inbetriebnahme des Krans 2 und kann während einer Projektphase bei Bedarf erweitert werden.

Während des eigentlichen Kranbetriebes erfolgt ein Erfassen 36 von aktuellen Sensordaten mittels des zumindest einen, insbesondere optischen, Sensors 18 bei einer Bewegung des Krans 2 in eine Fahrtrichtung 6, 8 in der Kranfahrspur 4, wobei daraufhin ein Vergleichen 38 der aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten erfolgt.

Befindet sich ein Objekt, beispielsweise eine Person oder ein Gegenstand, im Bereich der Kranfahrspur 4 und wird von zumindest einem Sensor 18 während des Kranbetriebes erfasst, erfolgt ein Detektieren 40 einer Anomalie zwischen den aktuel-

len Sensordaten und den ersten Trainingsdaten. Das Detektieren 40 der Anomalie erfolgt unabhängig von einer Art, einer Form und eines Typs des Objektes, da nicht vorhersagbar ist, welches Objekt sich im Bereich der Kranfahrspur 4 befinden
5 kann und ob dieses ein Hindernis für den Kran darstellt.

Beispielsweise wird nach dem Detektieren 40 der Anomalie ein Alarm ausgelöst und/oder der komplette Verladeprozess wird automatisch gestoppt. Insbesondere können Auswertebilder, die
10 den Alarm ausgelöst und/oder zu dem Stopp geführt haben, archiviert werden. Die Auswertebilder können z.B. an einem Operator-Bedienplatz angezeigt werden.

FIG 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines zweiten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans 2. Nach dem Detektieren 40 der Anomalie erfolgt ein Überprüfen 42 einer Plausibilität der Detektion der Anomalie mittels einer Konfidenz-Schätzung des ersten neuronalen Netzes 28. Die weitere Ausführung des Verfahrens in FIG 3 entspricht der in FIG 2.
20

FIG 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines dritten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans 2. Das dritte Verfahren umfasst ein Bereitstellen 44 von zweiten Trainingsdaten aus einem zweiten Trainingsdatensatz eines zweiten neuronalen
25 Netzes 46. Insbesondere ist das zweite neuronale Netz 46 für eine Objekterkennung vortrainiert. Vortrainierte Objekte sind z.B. Personen, Autos, Transportfahrzeuge, Hebwerkezeuge und/oder Container.

Daraufhin erfolgt ein Vergleichen 48 der aktuellen Sensordaten mit den zweiten Trainingsdaten. Insbesondere werden für das Vergleichen 48 mit den zweiten Trainingsdaten, im Wesentlichen zeitgleich, dieselben aktuellen Sensordaten für das Vergleichen mit den ersten Trainingsdaten 38 verwendet. Ferner wird derselbe zumindest eine Sensor 18 für beide Vergleiche verwendet. Befindet sich ein Objekt im Bereich der Kranfahrspur 4 und wird von zumindest einem Sensor 18 während des Kranbetriebes erfasst, erfolgt ein Detektieren 50 des Objek-
30
35

tes in den aktuellen Sensordaten. Insbesondere erfolgt das Detektieren 50 des Objektes im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Detektieren 40 der Anomalie, wobei durch eine Kombination der Ergebnisse beider Detektionsverfahren, Anomalie- und Objekt-Detektion, eine größtmögliche Stabilität des Systems erreicht wird.

Daraufhin erfolgt ein Stoppen 52 des Krans 2 nach dem Detektieren 40 der Anomalie und/oder dem Detektieren 50 des Objektes. Alternativ wird ein Alarm ausgelöst. Bei Bedarf wird der Kran 2 manuell gestoppt. Die weitere Ausführung des Verfahrens in FIG 4 entspricht der in FIG 3.

FIG 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines vierten Verfahrens zur automatisierten Bewegung eines Krans 2. Nach dem Detektieren 50 des Objektes erfolgt ein Überprüfen 54 einer Plausibilität der Detektion des Objektes mittels einer Konfidenz-Schätzung des zweiten neuronalen Netzes 46. Die weitere Ausführung des Verfahrens in FIG 5 entspricht der in FIG 3.

FIG 6 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Bildauswertung in einem Detektionsmodul, wobei eine Bereitstellung 56 von aktuellen Sensordaten durch die vier in FIG 1 dargestellten Kameras erfolgt. Die vier jeweils von einer Kamera erfassten Bildsequenzen 58, 60, 62, 64 umfassen jeweils Label-Informationen 66 im Bereich der Fahrspur-Markierungen 16 zur Markierung der gewünschten Bildausschnitte. Für die weitere Auswertung sind, je nach Fahrtrichtung 6, 8 jeweils zwei der Bildsequenzen 58, 60, 62, 64 relevant. Durch Vergleichen der aktuellen Sensordaten mit den jeweiligen Trainingsdaten kommt es zum Detektieren 40 einer Anomalie 68 und zum Detektieren 50 eines Objektes 70. Daraufhin erfolgt ein Stoppen 52 des Krans 2.

FIG 7 zeigt ein erstes Beispielbild 72 mit einer Fahrspur-Markierung 16, welche als schraffierte Flächen ausgeführt und beispielsweise für einen gummibereiften Portalkran geeignet ist.

FIG 8 zeigt ein zweites Beispielbild 74 mit einer Fahrbahnmarkierung 16, welche als Schiene für einen auf Schienen bewegbaren Kran 2 ausgeführt ist. Ferner ist in FIG 8 eine Label-Information 66 zur Markierung des gewünschten Bildausschnitts dargestellt.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans 2 in einer Kranfahrspur 4.

10 Um eine möglichst hohe Zuverlässigkeit zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass das Verfahren folgende Schritte aufweist: Erfassen 30 eines ersten Trainingsdatensatzes von zeitlich aufeinanderfolgenden Rohdaten mittels zumindest eines, insbesondere optischen, Sensors 18 bei einer Bewegung des Krans 2

15 außerhalb des Kranbetriebes in der Kranfahrspur 4; Auswerten 32 des ersten Trainingsdatensatzes unter Anlernen eines ersten neuronalen Netzes 28 basierend auf den erfassten Rohdaten; Ermitteln 34 von ersten Trainingsdaten aus dem ausgewerteten ersten Trainingsdatensatz; Erfassen 36 von aktuellen

20 Sensordaten mittels des zumindest einen, insbesondere optischen, Sensors 18 bei einer Bewegung des Krans 2 während des Kranbetriebes in der Kranfahrspur 4; Vergleichen 38 der aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten und Detektieren 40 einer Anomalie zwischen den aktuellen Sensordaten und

25 den ersten Trainingsdaten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kollisionsfreien Bewegung eines Krans (2) in einer Kranfahrspur (4) aufweisend folgende Schritte:

- 5 - Erfassen (30) eines ersten Trainingsdatensatzes von Rohdaten mittels zumindest eines, insbesondere optischen, Sensors (18) bei einer Bewegung des Krans (2) außerhalb des Kranbetriebes in der Kranfahrspur (4),
- Auswerten (32) des ersten Trainingsdatensatzes unter Anle-
- 10 - len eines ersten neuronalen Netzes (28) basierend auf den erfassten Rohdaten,
- Ermitteln (34) von ersten Trainingsdaten aus dem ausgewerteten ersten Trainingsdatensatz,
- Erfassen (36) von aktuellen Sensordaten mittels des zumin-
- 15 - dest einen, insbesondere optischen, Sensors (18) bei einer Bewegung des Krans (2) während des Kranbetriebes in der Kranfahrspur (4),
- Vergleichen (38) der aktuellen Sensordaten mit den ersten Trainingsdaten und
- 20 - Detektieren (40) einer Anomalie zwischen den aktuellen Sensordaten und den ersten Trainingsdaten.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei das erste neuronale Netz (28) zumindest teilweise einer
25 zentralen IT-Infrastruktur (26) zugeordnet ist,
wobei die Rohdaten zum Auswerten (32) des Trainingsdatensatzes an die zentrale IT-Infrastruktur (26) gesendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
30 wobei die ersten Trainingsdaten von der zentralen IT-Infrastruktur (26) an ein dem Kran (2) zugeordnetes Detektionsmodul (22) gesendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei der zumindest eine, insbesondere optische, Sensor (18) als Kamera ausgeführt ist,
wobei mittels der Kamera Fahrspur-Markierungen (16) im Bereich der Kranfahrspur (4) erfasst werden.

5

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend folgenden weiteren Schritt:

Überprüfung (42) einer Plausibilität der Detektion der Anomalie mittels einer Konfidenz-Schätzung des ersten neuronalen

10 Netzes (28).

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend folgende Schritte:

15 - Bereitstellen (44) von zweiten Trainingsdaten aus einem zweiten Trainingsdatensatz eines zweiten neuronalen Netzes (46),

- Vergleichen (48) der aktuellen Sensordaten mit den zweiten Trainingsdaten und

20 - Detektieren (50) eines Objektes in den aktuellen Sensordaten.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

wobei das Detektieren (50) des Objektes gleichzeitig mit dem Detektieren (40) der Anomalie erfolgt.

25

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7,

wobei das Detektieren (50) des Objektes in dem den Kran (2) zugeordneten Detektionsmodul (22) erfolgt.

30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8 umfassend folgenden weiteren Schritt:

Überprüfung (54) einer Plausibilität der Detektion des Objektes mittels einer Konfidenz-Schätzung des zweiten neuronalen Netzes (46).

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9 umfassend folgenden weiteren Schritt:

5 Stoppen (52) des Krans (2) nach dem Detektieren (40) der Anomalie und/oder dem Detektieren (50) des Objektes.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kran (2), insbesondere vollständig, automatisiert in der Kranfahrspur (4) bewegt wird.

10

12. Steuereinheit (23) mit Mitteln zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach
15 einem der Ansprüche 1 bis 11 bei Ablauf in einer Steuereinheit (23) nach Anspruch 12.

14. Sicherheitssystem aufweisend zumindest einen, insbesondere optischen, Sensor (18) und eine Steuereinheit (23) nach
20 Anspruch 12.

15. Kran (2) aufweisend zumindest ein Sicherheitssystem nach Anspruch 14.

25 16. Kran (2) nach Anspruch 15, welcher als Portalkran ausgeführt und in zumindest zwei, insbesondere entgegengesetzte, Fahrtrichtungen (6, 8) bewegbar ist, wobei jeder der Fahrtrichtungen (6, 8) zumindest ein, insbesondere
30 optischer, Sensor (18) zugewiesen ist, welcher einen Erfassungsbereich (20) in die jeweilige Fahrtrichtung 6 aufweist.