

Verfahren zum Steuern einer Drohne entlang eines Schachts

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Drohne entlang eines Schachts. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Steuergerät, ein Computerprogramm und ein computerlesbares Medium zum Ausführen des genannten Verfahrens. Ferner betrifft die Erfindung ein Drohnensteuerungssystem mit einem solchen Steuergerät und eine Aufzugsanlage mit mindestens einer Drohne, die mit einem solchen
10 Drohnensteuerungssystem ausgestattet ist.

Eine Drohne, etwa in Form eines Quadrocopters, kann beispielsweise mit einem satellitengestützten Navigationssystem ausgestattet sein, das eine teil- oder vollautomatisierte Steuerung der Drohne ermöglicht. Unter bestimmten Bedingungen
15 kann der Empfang des Satellitensignals jedoch eingeschränkt sein, etwa beim Fliegen der Drohne innerhalb von Gebäuden. Indoor-Drohnen, die sich speziell für den Einsatz in Gebäuden eignen, können daher mit einer Bildsensorik zum Erfassen ihrer Umgebung ausgestattet sein. Oftmals ist die Umgebung, in der eine solche Indoor-Drohne fliegen soll, vorab nicht bekannt. Zur Navigation kann deshalb beispielsweise eine digitale Karte
20 aus den Bildern der Bildsensorik generiert werden. Hierzu sind in der Regel relativ aufwendige Bildverarbeitungsalgorithmen erforderlich.

Drohnen können beispielsweise zur kameragestützten Inspektion von Industrieanlagen oder Schächten verwendet werden. Ein Beispiel für eine mit einer Kamera ausgestattete
25 Drohne zur Inspektion eines Schachts ist in EP 3 489 184 A1 beschrieben. Dabei wird die Drohne beim Fliegen entlang des Schachts durch eine sich vertikal entlang des Schachts erstreckende mechanische Führungsvorrichtung mechanisch geführt.

Die JP 2017 226259 A und EP 3 739 420 A1 beschreiben Verfahren zum Steuern einer
30 Drohne entlang eines Schachts, bei welchen die Drohnen in einem festlegbaren Abstand zur einer Schachtwand fliegen.

Die JP 2017 128440 A beschreibt ein Verfahren zum Steuern einer Drohne entlang eines Aufzugschachts zur Inspektion des Aufzugschachts.

Es kann ein Bedarf an einem Verfahren zum Steuern einer Drohne entlang eines Schachts bestehen, mit dem die Drohne ohne zusätzliche mechanische Führungen und/oder mit einer vergleichsweise einfachen Steuerungselektronik teil- oder vollautomatisiert entlang
5 des Schachts gesteuert werden kann. Hierdurch können die Kosten für die Bereitstellung einer solchen Drohne deutlich reduziert werden. Eine derart vereinfachte Steuerungselektronik bietet zudem den Vorteil einer höheren Robustheit. Ferner kann ein Bedarf an einem Steuergerät, einem Computerprogrammprodukt und einem computerlesbaren Medium zum Durchführen des Verfahrens, an einem mit einem solchen
10 Steuergerät konfigurierten Drohnensteuerungssystem sowie an einer mit einem solchen Drohnensteuerungssystem konfigurierten Aufzugsanlage bestehen.

Einem solchen Bedarf kann durch den Gegenstand eines der unabhängigen Ansprüche entsprochen werden. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen
15 Ansprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung definiert.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Drohne entlang eines Schachts. Der Schacht weist zumindest eine erste Schachtwand und eine an die erste Schachtwand angrenzende zweite Schachtwand auf. Die Drohne weist eine Sensorik
20 zum Erfassen einer Umgebung und/oder eines Flugzustands der Drohne, eine Aktorik zum Steuern der Drohne und ein Steuergerät zum Ansteuern der Aktorik auf. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte: Empfangen von Sensordaten, die durch die Sensorik erzeugt wurden, in dem Steuergerät; Bestimmen von Istabständen der Drohne relativ zur ersten Schachtwand und zur zweiten Schachtwand durch Verarbeiten
25 der Sensordaten; und Erzeugen eines Steuersignals zum Ansteuern der Aktorik, sodass die Drohne entlang des Schachts fliegt, basierend auf einer Abweichung der Istabstände von Sollabständen und einer Sollflugstrecke, die die Drohne bis zum Erreichen einer Zielposition im Schacht zurücklegen soll. Eine Istflugstrecke der Drohne wird durch Verarbeiten der Sensordaten bestimmt. Dabei wird das Steuersignal basierend auf einer
30 Abweichung der Istflugstrecke von der Sollflugstrecke erzeugt.

Erfindungsgemäss werden Türbereiche und/oder Höhenmarkierungen im Schacht durch Verarbeiten der Sensordaten erkannt. Dabei wird die Istflugstrecke basierend auf den

durch Verarbeiten der Sensordaten erkannten Türbereichen und/oder Höhenmarkierungen bestimmt.

5 Die Türbereiche und/oder Höhenmarkierungen können beispielsweise durch Verarbeiten von durch die Sensorik erzeugten Bilddaten der Umgebung der Drohne erkannt werden. Durch diese Ausführungsform wird beispielweise auch bei schwankendem Umgebungsdruck eine zuverlässige Erkennung der Istflughöhe der Drohne ermöglicht.

10 Das Verfahren kann beispielsweise automatisch durch einen Prozessor des Steuergeräts der Drohne ausgeführt werden.

Die hier und im Folgenden genannten Module des Steuergeräts können als Software und/oder Hardware implementiert sein.

15 Unter einer Drohne kann ein unbemanntes Luftfahrzeug, beispielsweise in Form eines Multicopters, verstanden werden. Möglich sind aber auch andere Ausführungen der Drohne. Die Drohne kann mit einer Steuersoftware zum teil- oder vollautomatisierten Ansteuern der Aktorik basierend auf den Sensordaten ausgestattet sein. Die Steuersoftware kann in einem Speicher des Steuergeräts gespeichert sein und durch den
20 Prozessor des Steuergeräts ausgeführt werden.

Bei dem Schacht kann es sich beispielsweise um einen Aufzugsschacht, Lüftungsschacht oder Kabelschacht handeln. Der Schacht kann vertikal, horizontal und/oder schräg verlaufen. Die Anordnung bzw. Ausrichtung der Sensorik ist dabei auf den Verlauf des
25 Schachts angepasst. Unter einer Sollflugstrecke kann eine Länge eines durch die Drohne zurückzulegenden Wegs bis zur Zielposition verstanden werden. Die Zielposition kann beispielsweise eine Umkehrposition sein, an dem eine Fortbewegungsrichtung der Drohne umgekehrt werden soll, etwa um die Drohne zurück zu einer Ausgangsposition zu bewegen. Im Fall eines vertikalen Schachts kann die Sollflugstrecke beispielsweise eine
30 Sollflughöhe sein, die die Drohne maximal erreichen soll oder das Erreichen einer Markierung.

Die erste Schachtwand und die zweite Schachtwand können als längliche Seitenwände des Schachts aufgefasst werden, die an ihrer jeweiligen Längskante zusammenstossen.

Beispielsweise können die erste Schachtwand und die zweite Schachtwand orthogonal zueinander ausgerichtet sein. Zusätzlich kann der Schacht einen Boden, eine Decke, eine dritte Schachtwand und/oder eine vierte Schachtwand aufweisen. Es ist möglich, dass zumindest eine der Schachtwände eine oder mehrere Öffnungen, beispielsweise

5 Lüftungs- oder Türöffnungen oder sonstige Zugangsöffnungen, aufweist.

Die Sensorik kann mindestens einen Umfeldsensor wie beispielsweise eine Kamera, einen Lidar-, Ultraschall- oder Radarsensor und/oder mindestens einen

10 Flugdynamiksensor wie beispielsweise einen Beschleunigungs- oder Drehratensensor, etwa in Form einer inertialen Messeinheit, aufweisen. Darüber hinaus kann die Sensorik einen Luftdrucksensor zur Höhenmessung umfassen. Auch wenn es für die Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens nicht notwendig ist, kann die Sensorik zusätzlich einen Ortungssensor zur Bestimmung einer geografischen Position der Drohne mithilfe eines globalen Navigationssatellitensystems wie GPS, GLONASS o. Ä. aufweisen.

15 Von dem Flugdynamiksensor erzeugte Flugdynamikdaten können beispielsweise als Eingabedaten für eine Stabilitätsregelung zur Stabilisierung des Flugzustands der Drohne verwendet werden. Die abstands- bzw. flugstreckenbasierte Steuerung der Drohne kann von der Stabilitätsregelung überlagert sein.

20 Beispielsweise kann die Sensorik zur Bestimmung der Istabstände einen 2D-Abstandssensor in Form eines Lidarsensors umfassen. Der Lidarsensor kann beispielsweise eine um 360 Grad rotierbare Laseroptik zum Abtasten der Umgebung der Drohne aufweisen. Dabei kann eine Rotationsebene der Laseroptik senkrecht oder schräg

25 zu einer Wandfläche der ersten Schachtwand und/oder der zweiten Schachtwand ausgerichtet sein. Eine schräge Ausrichtung hat den Vorteil, dass zusätzlich zu den Istabständen relativ zur ersten und zweiten Schachtwand ein Istabstand relativ zu einem Boden und/oder einer Decke des Schachts aus den Sensordaten bestimmt werden kann, ohne dass hierzu mehrere Sensoren erforderlich sind.

30 Alternativ kann die Sensorik zur Bestimmung der Istabstände mehrere 1D-Abstandssensoren, etwa in Form von Ultraschallsensoren oder Lidarsensoren, umfassen. Möglich ist aber auch eine Kombination aus einem 2D-Abstandssensor mit einem oder mehreren 1D-Abstandssensoren.

Die Sollabstände können beispielsweise unter Berücksichtigung einer gegebenen Breite und/oder Tiefe des Schachts ausgewählt worden sein. Ebenso kann beispielsweise die Sollflugstrecke unter Berücksichtigung einer gegebenen Höhe oder Länge des Schachts ausgewählt worden sein. Es ist möglich, dass die Sollabstände bzw. die Sollflugstrecke durch einen Benutzer der Drohne über eine entsprechende Benutzerschnittstelle in die 5 Steuersoftware der Drohne eingegeben werden bzw. wird. Möglich ist aber auch eine automatische Einstellung der Sollabstände bzw. der Sollflugstrecke, etwa basierend auf einer geografischen Position der Drohne. Die Sollflugstrecke kann auch durch eine Markierung im Schacht gekennzeichnet sein, insbesondere kann die genannte Markierung 10 die Ziel- oder Umkehrposition sein. Die Markierung kann von der Sensorik beispielsweise optisch erkannt werden.

Beispielsweise ist es möglich, dass die Sollabstände bzw. die Sollflugstrecke basierend auf Geometriedaten, die eine gegebene Geometrie des Schachts definieren, etwa dessen 15 Breite, Tiefe und/oder Länge, bestimmt werden bzw. wird.

Die Geometriedaten können beispielsweise in dem Steuergerät von einer externen Datenspeichervorrichtung zum Speichern unterschiedlicher Geometriedaten bezüglich unterschiedlicher Schächte empfangen werden. Die externe Datenspeichervorrichtung 20 kann beispielsweise ein zentraler Server, ein PC, ein Laptop, ein Smartphone, ein Tablet oder ein sonstiges mobiles Endgerät sein. Dabei können die Geometriedaten dem Steuergerät über eine kabelgebundene oder kabellose Datenverbindung, etwa über eine WLAN-, Bluetooth- oder Mobilfunkverbindung, bereitgestellt werden. Die unterschiedlichen Geometriedaten können alternativ auch in dem Speicher des 25 Steuergeräts gespeichert sein.

Es wird darauf hingewiesen, dass es zum Steuern der Drohne entlang des Schachts nicht zwingend erforderlich ist, eine Istflugstrecke der Drohne zu bestimmen, beispielsweise 30 eine Istflughöhe. Die Einhaltung der Sollflugstrecke kann beispielsweise auch dadurch sichergestellt werden, dass die Drohne entlang des Schachts entsprechend einem in Abhängigkeit von der Sollflugstrecke vordefinierten Geschwindigkeitsverlauf gesteuert wird. Beispielsweise können in dem Steuergerät unterschiedliche vordefinierte Geschwindigkeitsverläufe für unterschiedliche Sollflugstrecken hinterlegt sein. Alternativ

kann der Geschwindigkeitsverlauf in Abhängigkeit von der Sollflugstrecke mit einer entsprechenden mathematischen Funktion berechnet werden. Es ist ebenfalls möglich, dass die Drohne von einem menschlichen Bediener ferngesteuert wird, der die Flughöhe, die Geschwindigkeit und/oder die Ausrichtung der Drohne einstellt und nur die Abstände
5 zu den Schachtwänden automatisch eingestellt werden. Zusätzlich können Kollisionen mit dem Boden und der Decke des Schachts automatisch verhindert werden. Dies kann als ein semi-automatischer Betrieb bezeichnet werden.

Die Aktorik kann konfiguriert sein, um eine Position und/oder Orientierung der Drohne
10 im dreidimensionalen Raum zu ändern. Hierzu kann die Aktorik einen oder mehrere Rotoren und einen oder mehrere Antriebsmotoren zum Antreiben des Rotors bzw. der Rotoren umfassen. Zusätzlich kann die Aktorik einen oder mehrere Servomotoren umfassen, etwa zum Ändern einer Ausrichtung der Rotoren. Die Rotoren können beispielsweise in ein und derselben Rotationsebene angeordnet sein. Möglich sind aber
15 auch andere Antriebskonfigurationen.

Die Istflugstrecke kann beispielsweise als Istflughöhe basierend auf einem Istabstand der Drohne relativ zu einem Boden und/oder einer Decke des Schachts bestimmt werden. Die Istflughöhe kann aber auch aus Sensordaten eines Luftdrucksensors der Drohne bestimmt
20 werden. Auch durch diese Ausführungsform kann zuverlässig verhindert werden, dass die Drohne beim Fliegen entlang des Schachts über die Zielposition hinausfliegt.

Kurz zusammengefasst ermöglicht der hier vorgestellte Ansatz die Steuerung einer Drohne entlang eines Schachts mit minimalem Hardware- und/oder Softwareaufwand,
25 indem bei gegebener Zielposition der Drohne lediglich deren Abstand zu zwei benachbarten Schachtwänden erfasst und ausgewertet zu werden braucht. Die aufwendige Erstellung einer digitalen Karte der Umgebung der Drohne im Flugbetrieb kann somit entfallen bzw. von einem mitgeführten Messsystem erledigt werden. Im Gegensatz zu gängigen Indoor-Drohnen, die in der Regel mit umfangreicher Sensorik und entsprechend
30 aufwendiger Steuerungselektronik ausgestattet sind, können die Kosten für eine derart vereinfachte Drohne deutlich geringer ausfallen.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Steuergerät mit einem Prozessor, der konfiguriert ist, um das Verfahren gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der

Erfindung auszuführen. Wie weiter oben erwähnt, kann das Steuergerät Hardware- und/oder Softwaremodule umfassen. Zusätzlich zum Prozessor kann das Steuergerät einen Speicher und Datenkommunikationsschnittstellen zur Datenkommunikation mit Peripheriegeräten umfassen. Merkmale des Verfahrens gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung können auch Merkmale des Steuergeräts sein und umgekehrt.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Drohnensteuerungssystem zum Ansteuern einer Aktorik einer Drohne. Das Drohnensteuerungssystem umfasst eine Sensorik zum Erfassen einer Umgebung und/oder eines Flugzustands einer Drohne und ein Steuergerät gemäss einer Ausführungsform des zweiten Aspekts der Erfindung. Merkmale des Verfahrens gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung können auch Merkmale des Drohnensteuerungssystems sein und umgekehrt.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Aufzugsanlage, beispielsweise einen Lasten- oder Personenaufzug. Die Aufzugsanlage umfasst zumindest einen Aufzugsschacht, der zumindest eine erste Schachtwand und eine an die erste Schachtwand angrenzende zweite Schachtwand aufweist, und mindestens eine entlang des Aufzugsschachts zu steuernde Drohne, die mit einer Aktorik zum Steuern der Drohne und einem Drohnensteuerungssystem zum Ansteuern der Drohne gemäss einer Ausführungsform des dritten Aspekts der Erfindung ausgestattet ist. Mittels der Drohne bzw. der Drohnen ist es beispielsweise möglich, den Aufzugsschacht zu vermessen und/oder zu inspizieren, insbesondere vor einer Installation von Elementen der Aufzugsanlage, beispielsweise von Führungsschienen oder Aufzugskabinen im Aufzugsschacht. Ferner kann die Drohne bzw. können die Drohnen konfiguriert sein, um Lasten durch den Aufzugsschacht zu transportieren, beispielsweise automatisiert in dem Aufzugsschacht aufzunehmen und/oder abzulegen.

Ein fünfter Aspekt der Erfindung betrifft ein Computerprogramm. Das Computerprogramm umfasst Befehle, die einen Prozessor bei Ausführung des Computerprogramms durch den Prozessor veranlassen, das Verfahren gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung auszuführen.

- Ein sechster Aspekt der Erfindung betrifft ein computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogramm gemäss einer Ausführungsform des fünften Aspekts der Erfindung gespeichert ist. Das computerlesbare Medium kann ein flüchtiger oder nicht flüchtiger Datenspeicher sein. Beispielsweise kann das computerlesbare Medium eine Festplatte, ein USB-Speichergerät, ein RAM, ROM, EPROM oder Flash-Speicher sein. Das computerlesbare Medium kann auch ein einen Download eines Programmcodes ermöglichendes Datenkommunikationsnetzwerk wie etwa das Internet oder eine Datenwolke (Cloud) sein.
- Merkmale des Verfahrens gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung können auch Merkmale des Computerprogramms und/oder des computerlesbaren Mediums sein und umgekehrt.
- Mögliche Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung können unter anderem und ohne die Erfindung einzuschränken als auf nachfolgend beschriebenen Ideen und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.
- Gemäss einer Ausführungsform umfassen die Istabstände einen ersten Istabstand der Drohne relativ zur ersten Schachtwand in einer ersten Raumrichtung und einen zweiten Istabstand der Drohne relativ zur zweiten Schachtwand in einer zur ersten Raumrichtung orthogonalen zweiten Raumrichtung. Dabei wird das Steuersignal basierend auf einer Abweichung des ersten Istabstands von einem ersten Sollabstand und einer Abweichung des zweiten Istabstands von einem zweiten Sollabstand erzeugt.
- Die erste Raumrichtung kann beispielsweise einer Breitenrichtung des Schachts entsprechen. Die zweite Raumrichtung kann beispielsweise einer Tiefenrichtung des Schachts entsprechen. Dabei kann das Steuersignal erzeugt werden, um die Drohne in Höhen- bzw. Längsrichtung des Schachts zu steuern. Der erste Istabstand und der zweite Istabstand können beispielsweise jeweils von einem 1D-Abstandssensor, etwa in Form eines Ultraschallsensors, erfasst worden sein. Wie bereits weiter oben erwähnt, ist aber auch die Verwendung eines 2D-Abstandssensors, etwa in Form eines Lidarsensors, zur Erfassung des ersten und zweiten Istabstands möglich. Das Steuersignal kann so erzeugt werden, dass die Abweichung der Ist- von den Sollabständen möglichst gering ist und/oder die Istabstände möglichst konstant sind. Der erste Sollabstand und der zweite

Sollabstand können gleich oder verschieden sein. Durch diese Ausführungsform kann mit einfachen Mitteln vermieden werden, dass die Drohne beim Fliegen entlang des Schachts mit den Schachtwänden in Berührung kommt. Beispielsweise können der erste Sollabstand und der zweite Sollabstand so gewählt sein, dass die Drohne möglichst mittig im Schacht fliegt. Der erste Sollabstand und der zweite Sollabstand können aber auch
5 beliebig anders gewählt sein. Es ist auch möglich, dass die Sollabstände während des Flugs der Drohne verändert werden. Dies kann beispielsweise in Abhängigkeit der Flughöhe, der Erkennung von Markierungen im Schacht oder manuell von einem menschlichen Bediener erfolgen.

10

Gemäss einer Ausführungsform umfassen die Istabstände einen zusätzlichen ersten Istabstand der Drohne relativ zur ersten Schachtwand in der ersten Raumrichtung. Dabei sind der erste Istabstand und der zusätzliche erste Istabstand unterschiedlichen Stellen der ersten Schachtwand zugeordnet. Basierend auf dem ersten Istabstand und dem
15 zusätzlichen ersten Istabstand wird eine Istorientierung der Drohne bestimmt. Dabei wird das Steuersignal ferner basierend auf einer Abweichung der Istorientierung von einer Sollorientierung erzeugt. Beispielsweise kann die Drohne zur Erfassung des ersten Istabstands und des zusätzlichen ersten Istabstands zwei in einem definierten Abstand nebeneinander angeordnete 1D-Abstandssensoren aufweisen. Durch diese
20 Ausführungsform kann die Istorientierung der Drohne, beispielsweise deren Gierwinkel, sehr einfach durch Berechnung einer Differenz zwischen dem ersten Istabstand und dem zusätzlichen ersten Istabstand bestimmt werden. Die beschriebene Bestimmung der Istorientierung der Drohne kann analog aus Messdaten eines 2D-Sensors bestimmt werden.

25

Gemäss einer Ausführungsform wird ferner ein dritter Istabstand der Drohne relativ zu einer Decke des Schachts durch Verarbeiten der Sensordaten bestimmt. Dabei wird das Steuersignal ferner basierend auf einer Abweichung des dritten Istabstands von einem dritten Sollabstand erzeugt. Die Sollflugstrecke kann beispielsweise durch den dritten Sollabstand definiert sein. Die Erfassung des dritten Istabstands kann beispielsweise
30 mittels eines 1D-Abstandssensors oder eines eventuell schräg zur Decke ausgerichteten 2D-Abstandssensors erfolgen. Somit kann mit einfachen Mitteln sichergestellt werden, dass die Drohne nicht über die Zielposition hinausfliegt. Der dritte Sollabstand kann so gewählt sein, dass eine Berührung der Drohne mit der Decke oder eine zu grosse

Annäherung der Drohne an die Decke verhindert wird. Somit können Beschädigungen der Drohne beim Fliegen entlang des Schachts vermieden werden.

5 Gemäss einer Ausführungsform wird ferner ein vierter Istabstand der Drohne relativ zu einem Boden des Schachts durch Verarbeiten der Sensordaten bestimmt. Dabei wird das Steuersignal ferner basierend auf einer Abweichung des vierten Istabstands von einem vierten Sollabstand erzeugt. Die Sollflugstrecke kann beispielsweise durch den vierten Sollabstand definiert sein. Die Erfassung des vierten Istabstands kann beispielsweise
10 mittels eines 1D-Abstandssensors oder eines eventuell schräg zum Boden ausgerichteten 2D-Abstandssensors erfolgen. Somit kann mit einfachen Mitteln sichergestellt werden, dass die Drohne nicht über die Zielposition hinausfliegt. Auch kann somit eine sichere Landung der Drohne auf dem Boden des Schachts gewährleistet werden.

15 Die Drohne kann sich in einer Ausgangsposition beispielsweise auf dem Boden des Schachts befinden. Beispielsweise kann die Drohne in der Ausgangsposition mittig zwischen der ersten und zweiten Schachtwand oder versetzt zur Mitte zwischen der ersten und zweiten Schachtwand auf dem Boden des Schachts platziert sein. Das Steuersignal kann beispielsweise so erzeugt werden, dass die in der Ausgangsposition befindliche Drohne vom Boden des Schachts abhebt, bis zur Zielposition fliegt, von dort zurück zum
20 Boden des Schachts fliegt und schliesslich auf dem Boden des Schachts landet. Mit dem beschriebenen Positionieren der Drohne auf dem Boden des Schachts werden die Sollabstände zu den Schachtwänden und eine Sollausrichtung der Drohne aus- bzw. festgelegt.

25 Gemäss einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Generierens von Vermessungsdaten, die eine gemessene Breite, Tiefe und/oder Länge des Schachts umfassen, aus den Sensordaten. Hierzu können die Sensordaten durch das Steuergerät in geeigneter Weise gefiltert und/oder transformiert werden. Die Vermessungsdaten können beispielsweise Koordinaten einer Vielzahl von Messpunkten,
30 die eine Geometrie des Schachts in einem dreidimensionalen Koordinatensystem abbildet, umfassen. Diese Ausführungsform ermöglicht somit eine automatisierte Vermessung des Schachts.

Gemäss einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Sendens der Sensordaten und/oder von aus den Sensordaten generierten Daten von dem Steuergerät an eine externe Datenverarbeitungsvorrichtung. Die von dem Steuergerät gesendeten Sensordaten können beispielsweise Bilddaten des Schachts umfassen. Bei den
5 aus den Sensordaten generierten Daten kann es sich beispielsweise um durch Filterung und/oder Transformation der Sensordaten erzeugte Daten, etwa um Vermessungsdaten, handeln. Das Senden kann beispielsweise im Flugbetrieb der Drohne erfolgen. Somit wird eine externe Auswertung der Sensordaten und/oder der aus den Sensordaten generierten Daten ermöglicht. Dies hat den Vorteil, dass die Hardware bzw. Software des
10 Steuergeräts sehr einfach gehalten werden kann. Beispielsweise kann die externe Datenverarbeitungsvorrichtung konfiguriert sein, um aus den Sensordaten und/oder den aus den Sensordaten generierten Daten die Geometriedaten (siehe weiter oben) zu generieren.

15 Gemäss einer Ausführungsform umfasst die Sensorik eine Ultraschallsensorik und/oder eine Lasersensorik zum Erfassen der Umgebung der Drohne. Zusätzlich oder alternativ kann die Sensorik eine Beschleunigungssensorik zum Erfassen des Flugzustands der Drohne umfassen. Die Beschleunigungssensorik kann beispielsweise eine inertielle Messeinheit oder einen Gyroskopsensor umfassen. Beispielsweise können durch den
20 Verzicht auf Kameras und auf eine satellitengestützte Ortung der Drohne die Herstellungskosten der Drohne stark verringert werden.

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch die
25 Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Drohne mit einem Drohnensteuerungssystem gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einem Schacht.

30 Fig. 2 zeigt schematisch ein Drohnensteuerungssystem gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer vergrösserten Darstellung.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Aufzugsanlage gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht eines Aufzugsschachts aus Fig. 3.

Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht massstabsgetreu. Gleiche

5 Bezugszeichen bezeichnen in den verschiedenen Figuren gleiche oder gleichwirkende Merkmale.

Fig. 1 und Fig. 2 zeigen ein Drohnensteuerungssystem 100 zum Ansteuern einer Aktorik 102 einer Drohne 104, hier beispielhaft eines Quadrocopters, dessen Aktorik 102 vier
10 getrennt voneinander ansteuerbare Propellereinheiten umfasst. Die Drohne 104 befindet sich in einem Schacht 106, beispielsweise einem Aufzugs-, Lüftungs- oder Kabelschacht. Das Drohnensteuerungssystem 100 ist konfiguriert, um die Aktorik 102 so anzusteuern, dass die Drohne 104 entlang des Schachts 106, d. h. in Längsrichtung des Schachts 106, fliegt.

15 Hierzu umfasst das Drohnensteuerungssystem 100 eine Sensorik 108 zum Erfassen einer Umgebung und/oder eines Flugzustands der Drohne 104 sowie ein Steuergerät 110 zum Ansteuern der Aktorik 102 basierend auf Sensordaten 112, die von der Sensorik 108 beim Erfassen der Umgebung und/oder des Flugzustands der Drohne 104 erzeugt werden.

20 Die im Folgenden beschriebenen Module des Steuergeräts 110 können in Form eines entsprechenden Computerprogramms in einem Speicher 114 des Steuergeräts 110 gespeichert sein und durch Ausführen des Computerprogramms durch einen Prozessor 116 des Steuergeräts 110 ausgeführt werden (siehe Fig. 1). Es ist jedoch auch möglich,
25 dass die Module als Hardware implementiert sind.

Der Schacht 106 umfasst in diesem Beispiel zwei Seitenwände in Form einer ersten Schachtwand 118 und einer zweiten Schachtwand 120, die an ihren Längskanten aneinandergrenzen. Die erste Schachtwand 118 und die zweite Schachtwand 120 sind
30 hier beispielhaft senkrecht zueinander ausgerichtet. Es ist möglich, dass der Schacht 106 weitere Seitenwände, einen Boden und/oder eine Decke umfasst (siehe auch Fig. 3 und Fig. 4).

Zum Steuern der Drohne 104 entlang des Schachts 106 werden die Sensordaten 112 in ein Abstandsbestimmungsmodul 122 des Steuergeräts 110 (siehe Fig. 2) eingegeben, das konfiguriert ist, um Istabstände der Drohne 104 relativ zur ersten Schachtwand 118 und zur zweiten Schachtwand 120 aus den Sensordaten 112 zu bestimmen. In diesem Beispiel
5 bestimmt das Abstandsbestimmungsmodul 122 die Istabstände in einem dreidimensionalen x, y, z -Koordinatensystem 124. Dabei werden ein erster Istabstand l_x relativ zur ersten Schachtwand 118 in Richtung einer x -Achse des Koordinatensystems 124 und ein zweiter Istabstand l_y relativ zur zweiten Schachtwand 120 in Richtung einer y -Achse des Koordinatensystems 124 bestimmt.

10

Die Istabstände l_x, l_y werden anschliessend in ein Steuersignalgeneriermodul 126 des Steuergeräts 110 eingegeben, das konfiguriert ist, um aus den Istabständen l_x, l_y , den Istabständen l_x, l_y zugeordneten Sollabständen l'_x, l'_y sowie einer Sollflugstrecke s'_z , die die Drohne 104 beim Fliegen entlang des Schachts 106, d. h. in z -Richtung, bis zum Erreichen einer Zielposition zurücklegen soll, ein Steuersignal 128 zum Ansteuern der
15 Aktorik 102 zu generieren. Das Steuersignal 128 veranlasst die Aktorik 102, die Drohne 104 so zu steuern, dass sie sich unter Berücksichtigung der Sollflugstrecke s'_z und der Sollabstände l'_x, l'_y in z -Richtung im Schacht 106 fortbewegt. Hierzu bestimmt das Steuersignalgeneriermodul 126 eine Abweichung des ersten Istabstands l_x von einem ersten Sollabstand l'_x und eine Abweichung des zweiten Istabstands l_y von einem zweiten Sollabstand l'_y und erzeugt das Steuersignal 128 basierend auf diesen Abweichungen.

20

Zusätzlich kann das Abstandsbestimmungsmodul 122 konfiguriert sein, um durch Verarbeiten der Sensordaten 112 einen dritten Istabstand l_{z_1} relativ zu einer Decke 206
25 (siehe Fig. 3) des Schachts 106 und/oder einen vierten Istabstand l_{z_2} relativ zu einem Boden 208 (siehe Fig. 3 und Fig. 4) des Schachts 106 in Richtung einer z -Achse des Koordinatensystems 124 zu bestimmen. Dementsprechend kann das Steuersignalgeneriermodul 126 konfiguriert sein, um das Steuersignal 128 zusätzlich basierend auf dem dritten Istabstand l_{z_1} und/oder dem vierten Istabstand l_{z_2} , etwa
30 basierend auf einer Abweichung des dritten Istabstands l_{z_1} von einem dritten Sollabstand l'_{z_1} und/oder einer Abweichung des vierten Istabstands l_{z_2} von einem vierten Sollabstand l'_{z_2} , zu generieren.

Möglich ist beispielsweise auch, dass durch Verarbeiten der Sensordaten 112 in dem Abstandsbestimmungsmodul 122 eine Istflugstrecke s_z der Drohne 104, d. h. ein von der Drohne 104 in z-Richtung zurückgelegter Weg bzw. eine aktuelle Höhe der Drohne 104 in dem Schacht 106, bestimmt wird. In diesem Fall kann das Steuersignalgeneriermodul 126 konfiguriert sein, um das Steuersignal 128 zusätzlich basierend auf der Istflugstrecke s_z , genauer basierend auf einer Abweichung der Istflugstrecke s_z von der Sollflugstrecke s'_z , zu generieren.

Zusätzlich kann das Steuergerät 110 ein Vermessungsmodul 130 zum Umwandeln der Sensordaten 112 in Vermessungsdaten 132 umfassen, beispielsweise durch entsprechendes Filtern und/oder Transformieren der Sensordaten 112. Die Vermessungsdaten 132 können eine gemessene Geometrie des Schachts 106 in dem Koordinatensystem 124, beispielsweise dessen Breite, Tiefe und/oder Länge bzw. Höhe, anzeigen.

Es ist ferner möglich, dass die Sensordaten 112 und/oder aus den Sensordaten 112 generierte Daten wie beispielsweise die Vermessungsdaten 132 über ein Kommunikationsmodul 134 des Steuergeräts 110 zur externen Speicherung und/oder Weiterverarbeitung an eine externe Datenverarbeitungsvorrichtung 136 gesendet werden, hier beispielhaft über eine drahtlose Datenkommunikationsverbindung wie WLAN, Bluetooth, Mobilfunk o. Ä. Die externe Datenverarbeitungsvorrichtung 136 kann beispielsweise ein Server, PC, Laptop, Smartphone, Tablet o. Ä. sein.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass das Kommunikationsmodul 134 Daten von der externen Datenverarbeitungsvorrichtung 136 empfängt. Dies können beispielsweise Werte für die Sollabstände l'_x , l'_y , l'_{z_1} und/oder l'_{z_2} und/oder die Sollflugstrecke s'_z oder Geometriedaten bezüglich des Schachts 106, aus denen diese Werte generiert werden sollen, sein.

Fig. 3 zeigt Teile einer Aufzugsanlage 200. In diesem Beispiel ist der Schacht 106 ein vertikaler Aufzugsschacht 106 der Aufzugsanlage 200. Dabei weist eine der zweiten Schachtwand 120 gegenüberliegende dritte Schachtwand 202 des Aufzugsschachts 106 eine Mehrzahl von Türbereichen 204 mit jeweils einer Türöffnung auf, über die der Aufzugsschacht 106 von aussen, etwa von verschiedenen Stockwerken eines Gebäudes

aus, zugänglich ist. Beispielsweise kann das Abstandsbestimmungsmodul 122 konfiguriert sein, um die Istflugstrecke s_z , die hier einer Istflughöhe der Drohne 104 entspricht, durch Erkennen der Türbereiche 204 in den Sensordaten 112 zu bestimmen. Gezeigt sind ferner eine Decke 206 und ein Boden 208 des Aufzugsschachts 106.

5

Im oder am Aufzugsschacht 106 können Höhenmarkierungen 205 angeordnet sein, die festgelegte Positionen bzw. Höhen im Aufzugsschacht 106 kennzeichnen. Dabei kann es sich beispielsweise um sogenannte Meterrisse handeln. Beispielsweise kann das Abstandsbestimmungsmodul 122 konfiguriert sein, um die Istflugstrecke s_z , die hier einer Istflughöhe der Drohne 104 entspricht, durch Erkennen der Höhenmarkierungen 205 in den Sensordaten 112 zu bestimmen.

10

Die Aufzugsanlage 200 umfasst ferner die mit dem Drohnensteuerungssystem 100 und der Aktorik 102 ausgestattete Drohne 104 oder auch mehrere davon. Beispielsweise kann die Drohne 104 entlang des Aufzugsschachts 106 auf und ab bewegt werden, um das Innere des Aufzugsschachts 106 zu inspizieren und/oder eine automatisierte Vermessung des Aufzugsschachts 106 vorzunehmen, wie bereits weiter oben erwähnt.

15

Darüber hinaus sind in Fig. 3 zwei beispielhafte Konfigurationen der Sensorik 108 zum Erfassen der Umgebung der Drohne 104 gezeigt.

20

Eine obere der zwei Konfigurationen umfasst eine Lidarsensorik 210 als 2D-Abstandssensor. Die Lidarsensorik 210 ist in diesem Beispiel konfiguriert, um Abstände in einer oder mehreren schrägen Ebenen zu erfassen. Unter „schräger Ebene“ ist hier eine Ebene zu verstehen, die alle drei Ebenen des Koordinatensystems 124 schneidet. Beispielsweise kann die Lidarsensorik 210 so an der Drohne 104 angeordnet sein, dass sie im Flugbetrieb der Drohne 104 diagonal zu einer Vertikalen, hier zur z-Achse, ausgerichtet ist. Ein Erfassungswinkel der Lidarsensorik 210 kann beispielsweise zwischen 90 und 360 Grad liegen. Damit ist es möglich, gleichzeitig Abstände zu den Schachtwänden 118, 120, 202, zur Decke 206 und zum Boden 208 zu erfassen.

25

30

Eine untere der zwei Konfigurationen umfasst zusätzlich zur Lidarsensorik 210 als 2D-Abstandssensor eine Ultraschallsensorik 212 mit zwei in entgegengesetzte Richtungen weisenden 1D-Abstandssensoren zum Erfassen von Abständen zur Decke 206 bzw. zum

Boden 208. In dieser Konfiguration ist die Lidarsensorik 210 konfiguriert, um Abstände in einer oder mehreren zur x, y -Ebene parallelen Ebenen zu erfassen.

5 Eine weitere mögliche Konfiguration der Ultraschallsensorik 212 ist in Fig. 4 gezeigt. In diesem Beispiel umfasst die Ultraschallsensorik 212 einen ersten 1D-Abstandssensor 300 zum Erfassen des ersten Istabstands l_x , einen zweiten 1D-Abstandssensor 302 zum Erfassen eines zusätzlichen ersten Istabstands l_{x_2} relativ zur ersten Schachtwand 118 in x -Richtung und einen dritten 1D-Abstandssensor 304 zum Erfassen des zweiten Istabstands l_y . Wie in Fig. 4 zu erkennen, sind der erste Istabstand l_x und der zusätzliche erste Istabstand l_{x_2} unterschiedlichen Stellen der ersten Schachtwand 118 zugeordnet.
10 Dementsprechend kann das Steuersignalgeneriermodul 126 konfiguriert sein, um eine Istorientierung der Drohne 104, etwa einen Gierwinkel bezüglich der z -Achse, basierend auf dem ersten Istabstand l_x und dem zusätzlichen ersten Istabstand l_{x_2} zu bestimmen und das Steuersignal 128 basierend auf einer Abweichung der Istorientierung von einer entsprechenden Sollorientierung zu erzeugen.
15

Zum Steuern der Drohne 104 in dem Aufzugsschacht 106 kann das Steuergerät 110 beispielsweise einen Horizontalregler zum Regeln des Abstands der Drohne 104 zu den zwei Schachtwänden 118, 120 und einen Geschwindigkeitsregler zum Regeln einer
20 Vertikalgeschwindigkeit der Drohne 104 unter Berücksichtigung der Sollflugstrecke s'_z umfassen. Dabei kann die Vertikalgeschwindigkeit anfangs konstant gehalten und kurz vor Erreichen der Zielposition, d. h. kurz vor Erreichen des Endes des Aufzugsschachts 106, verringert werden.

25 Die Vertikalgeschwindigkeit kann beispielsweise als fixer Vorschub definiert sein. Eine Istgeschwindigkeit der Drohne 104 kann beispielsweise durch Integration von Beschleunigungswerten einer Beschleunigungssensorik, durch Ableiten von Höhenwerten eines Höhensensors, etwa in Form eines Luftdrucksensors, oder inkrementell durch Auswerten von in den Sensordaten 112 enthaltenen Kamerabildern bestimmt werden.

30

Ein beispielhafter Ablauf eines Flugmanövers der Drohne 104 ist im Folgenden beschrieben.

1. Die Drohne 104 wird auf dem Boden 208 positioniert und ausgerichtet.

2. Der Horizontalregler wird genullt bzw. initialisiert.

5 3. Die Drohne 104 fliegt mit konstanter Vertikalgeschwindigkeit entlang des Aufzugsschachts 106 nach oben, d. h. in Richtung der Decke 206.

10 4. Die Decke 206 wird durch die Sensorik 108 erfasst. Dementsprechend wird die Vertikalgeschwindigkeit bis zum Stillstand der Drohne 104 in der Luft verringert. Anschliessend fliegt die Drohne 104 zurück in Richtung des Bodens 208.

15 5. Der Boden 208 wird durch die Sensorik 108 erfasst. Dementsprechend wird die Vertikalgeschwindigkeit bis zum Stillstand der Drohne 104 in der Luft verringert oder zumindest so stark verringert, dass sich die Drohne 104 sehr langsam auf den Boden 208 zubewegt. Anschliessend landet die Drohne 104 sanft auf dem Boden 208.

Für die Abstandsmessung können alternativ oder zusätzlich Stereokameras, Tiefenkameras, Tracking-Sensoren und/oder Time-of-Flight-Sensoren eingesetzt werden.

20 Es ist möglich, dass die Position der Drohne 104 im Aufzugsschacht 106 basierend auf visueller Odometrie, gegebenenfalls unterstützt durch eine inertielle Messeinheit, bestimmt wird. Eine Positionsänderung bezüglich einer Referenzposition der Drohne 104, etwa deren Ausgangsposition am Boden 208, kann dann mittels zeitlicher Nachverfolgung von in den Sensordaten 112 erkannten Merkmalen, etwa der Türbereiche 204 oder spezieller Höhenmarkierungen 205 im Aufzugsschacht 106, oder anhand eines optischen Flusses berechnet werden.

30 Die Drohne 104 kann zusätzlich oder alternativ zu dem anhand von Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 beschriebenen Verfahren zum (automatisierten) Steuern der Drohne 104 durch einen menschlichen Bediener fernsteuerbar sein. Der menschliche Bediener stellt dabei die Flughöhe, die Geschwindigkeit und/oder die Ausrichtung der Drohne ein und die Abstände zu den Schachtwänden automatisch werden eingestellt. Zusätzlich können Kollisionen mit dem Boden und der Decke des Schachts automatisch verhindert werden. Dies kann als ein semi-automatischer Betrieb bezeichnet werden.

- 5 Abschliessend wird darauf hingewiesen, dass Begriffe wie „aufweisend“, „umfassend“ etc. keine anderen Elemente oder Schritte ausschliessen und Begriffe wie „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschliessen. Ferner wird darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer der obigen Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Drohne (104) entlang eines Schachts (106), wobei der Schacht (106) zumindest eine erste Schachtwand (118) und eine an die erste
5 Schachtwand (118) angrenzende zweite Schachtwand (120) aufweist, wobei die Drohne (104) eine Sensorik (108; 210, 212; 300, 302, 304) zum Erfassen einer Umgebung und/oder eines Flugzustands der Drohne (104), eine Aktorik (102) zum Steuern der Drohne (104) und ein Steuergerät (110) zum Ansteuern der Aktorik (102) aufweist, wobei das Verfahren umfasst:
- 10 Empfangen von Sensordaten (112), die durch die Sensorik (108; 210, 212; 300, 302, 304) erzeugt wurden, in dem Steuergerät (110);
- Bestimmen von Istabständen (l_x, l_{x_2}, l_y) der Drohne (104) relativ zur ersten Schachtwand (118) und zur zweiten Schachtwand (120) durch Verarbeiten der Sensordaten (112); und
- 15 Erzeugen eines Steuersignals (128) zum Ansteuern der Aktorik (102), sodass die Drohne (104) entlang des Schachts (106) fliegt, basierend auf einer Abweichung der Istabstände (l_x, l_y) von Sollabständen (l'_x, l'_y) und einer Sollflugstrecke (s'_z), die die Drohne (104) bis zum Erreichen einer Zielposition im Schacht (106) zurücklegen soll,
- 20 wobei eine Istflugstrecke (s_z) der Drohne (104) durch Verarbeiten der Sensordaten (112) bestimmt und das Steuersignal (128) basierend auf einer Abweichung der Istflugstrecke (s_z) von der Sollflugstrecke (s'_z) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass
- Türbereiche (204) und/oder Höhenmarkierungen (205) im Schacht (106) durch
25 Verarbeiten der Sensordaten (112) erkannt werden und die Istflugstrecke (s_z) basierend auf den durch Verarbeiten der Sensordaten (112) erkannten Türbereichen (204) und/oder Höhenmarkierungen (205) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- 30 wobei die Istabstände (l_x, l_{x_2}, l_y) einen ersten Istabstand (l_x) der Drohne (104) relativ zur ersten Schachtwand (118) in einer ersten Raumrichtung (x) und einen zweiten Istabstand (l_y) der Drohne (104) relativ zur zweiten Schachtwand (120) in einer zur ersten Raumrichtung (x) orthogonalen zweiten Raumrichtung (y) umfassen;

wobei das Steuersignal (128) basierend auf einer Abweichung des ersten Istabstands (l_x) von einem ersten Sollabstand (l'_x) und einer Abweichung des zweiten Istabstands (l_y) von einem zweiten Sollabstand (l'_y) erzeugt wird.

5 3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei die Istabstände (l_x, l_{x_2}, l_y) einen zusätzlichen ersten Istabstand (l_{x_2}) der Drohne (104) relativ zur ersten Schachtwand (118) in der ersten Raumrichtung (x) umfassen, wobei der erste Istabstand (l_x) und der zusätzliche erste Istabstand (l_{x_2}) unterschiedlichen Stellen der ersten Schachtwand (118) zugeordnet sind;

10 wobei eine Istorientierung der Drohne (104) basierend auf dem ersten Istabstand (l_x) und dem zusätzlichen ersten Istabstand (l_{x_2}) bestimmt wird;

wobei das Steuersignal (128) ferner basierend auf einer Abweichung der Istorientierung von einer Sollorientierung erzeugt wird.

15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei ferner ein dritter Istabstand (l_{z_1}) der Drohne (104) relativ zu einer Decke (206) des Schachts (106) durch Verarbeiten der Sensordaten (112) bestimmt wird;

20 wobei das Steuersignal (128) ferner basierend auf einer Abweichung des dritten Istabstands (l_{z_1}) von einem dritten Sollabstand (l'_{z_1}) erzeugt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei ferner ein vierter Istabstand (l_{z_2}) der Drohne (104) relativ zu einem Boden (208) des Schachts (106) durch Verarbeiten der Sensordaten (112) bestimmt wird;

25 wobei das Steuersignal (128) ferner basierend auf einer Abweichung des vierten Istabstands (l_{z_2}) von einem vierten Sollabstand (l'_{z_2}) erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:

30 Generieren von Vermessungsdaten (132), die eine gemessene Breite, Tiefe und/oder Länge des Schachts (106) umfassen, aus den Sensordaten (112).

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
Senden der Sensordaten (112) und/oder von aus den Sensordaten (112)
generierten Daten (132) von dem Steuergerät (110) an eine externe
Datenverarbeitungsvorrichtung (136).
- 5
8. Steuergerät (110), umfassend einen Prozessor (116), der konfiguriert ist, um das
Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.
9. Drohnensteuerungssystem (100) zum Ansteuern einer Aktorik (102) einer
10 Drohne (104), wobei das Drohnensteuerungssystem (100) umfasst:
eine Sensorik (108; 210, 212; 300, 302, 304) zum Erfassen einer Umgebung
und/oder eines Flugzustands einer Drohne (104); und
ein Steuergerät (110) nach Anspruch 8.
- 15
10. Drohnensteuerungssystem (100) nach Anspruch 9,
wobei die Sensorik (108; 210, 212; 300, 302, 304) eine
Ultraschallsensorik (212; 300, 302, 304) und/oder eine Lasersensorik (210) zum
Erfassen der Umgebung der Drohne (104) umfasst; und/oder
wobei die Sensorik (108; 210, 212; 300, 302, 304) eine
20 Beschleunigungssensorik zum Erfassen des Flugzustands der Drohne (104) umfasst.
11. Aufzugsanlage (200), umfassend:
einen Aufzugsschacht (106), der zumindest eine erste Schachtwand (118) und
eine an die erste Schachtwand (118) angrenzende zweite Schachtwand (120)
25 aufweist; und
mindestens eine entlang des Aufzugsschachts (106) zu steuernde Drohne (104),
die mit einer Aktorik (102) zum Steuern der Drohne (104) und einem
Drohnensteuerungssystem (100) nach Anspruch 9 oder 10 zum Ansteuern der
Aktorik (102) ausgestattet ist.
- 30
12. Computerprogramm, umfassend Befehle, die einen Prozessor (116) bei Ausführung
des Computerprogramms durch den Prozessor (116) veranlassen, das Verfahren nach
einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

13. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 12 gespeichert ist.