MORNINGSIDE
A Questel Company

TRANSLATION CERTIFICATION

Date: September 23, 2025

To whom it may concern:

I, Ute von Wietersheim, a translator fluent in the German and English languages, on behalf of Morningside, do solemnly and sincerely declare that the following is, to the best of my knowledge and belief, a true and correct translation of the document(s) listed below in a form that best reflects the intention and meaning of the original text.

The document is designated as:

- DE102007053310A1

Signature

Ute von Wietersheim

Print

(19)
Federal Republic of Germany
German Patent and Trade Mark Office

(10) **EN 10 2007 053 310 A1** 2009.06.10

(12) **Patent Application**

(21) Application number: **10 2007 053 310.3**
(22) Filing date: **November 8, 2007**
(43) Disclosure date: **June 10, 2009**

(51) Int Cl.[8]: ***G05D 1/02*** (2006.01)
G01S 13/88 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)
G01S 15/88 (2006.01)

(71) Applicant:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Inventor:
Knoll, Christian, 70376 Stuttgart, DE

(56) Publications considered for the patentability assessment:

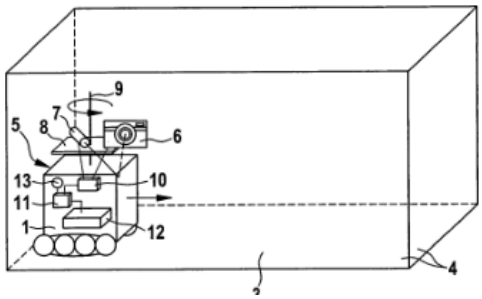
US	**48 78 003 A**
DE	**690 24 706 T2**
EP	**14 89 249 A2**
EP	**13 02 611 A2**
EP	**10 41 220 A2**
EP	**10 22 411 A2**
EP	**07 50 083 A1**
EP	**05 50 473 B1**
WO	**2005/0 45 162 A1**
WO	**2004/0 19 295 A1**
FR	**27 81 243 A1**
FR	**26 85 374 A1**
US	**2004/00 74 524 A1**
US	**69 84 952 B2**
US	**59 74 347 A**
JP	**2005-2 57 441 AA**

The following information was obtained from the documents filed by the applicant

Request for examination pursuant to Sec. 44 Patent Law has been filed.

(54) Title: **Robotic vehicle and control method for a robotic vehicle**

(57) Abstract: The invention relates to a robotic vehicle (1) with drive means (12) for driving and steering the robotic vehicle (1) on a working area (3) and with a control unit (11) for controlling the drive means (12) on the basis of sensor information from at least one sensor device. According to the invention, the sensor device is designed as a distance-determining device (5) arranged on the robotic vehicle (1) for determining, in particular continuously, the smallest distance to a boundary line and/or boundary surface (4). The invention relates to a control method as well.



Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Description of the invention

Prior Art

[0001] The invention relates to an (autonomous) robotic vehicle according to the preamble of claim 1 and to a control method according to the preamble of claim 14.

[0002] EP 1 041 220 A2, EP 1 302 611 A2, WO 2005 045 162 A1, EP 1 022 411 A2, US 2004 0074524 A1, WO 2004 019.295 A1, EP 1 489 249 A2, EP 657 603 A1, ES 2 074 401 A1, FR 2 685 374 A1, JP 2005 257 441 A, EP 750 083 A1 and KR 2004 101 953 A relate to robotic vehicles which, after having detected contact with a wall, change direction by a defined angle and then continue their movement in a straight line. The disadvantage of these robotic vehicles is that they are controlled purely by random navigation, and are unable to cover the working area in an optimized manner. It is not guaranteed that the vehicle will be able to completely cover any given area and it takes a correspondingly long time.

[0003] FR 2 781 243 A1, US 556 937 A and US 5 974 347 A1 disclose robotic vehicles whose control unit performs an automatic trajectory correction to follow a path previously programmed by the operator. The programming of the path is a complex task and usually requires the assistance of an expert.

[0004] Control systems for robotic lawn mowers with a marker-based lawn boundary are known, for example, from EP 550 473 B1 and US 6 984 952 B2.

Disclosure of the Invention

Technical Problem

[0005] The aim of the invention is to propose a robotic vehicle with which a working area of any shape can be path-optimized and completely covered without the need to program a correspondingly optimized path. The task is also to propose a correspondingly optimized control method.

Technical Solution

[0006] This task is solved with regard to the robotic vehicle with the features of claim 1 and with regard to the control method with the features of claim 14. Advantageous further embodiments of the invention are described in the subclaims. Any and all combinations of at least two of the features disclosed in the description, the claims and/or the figures shall be demeed to fall within the scope of the invention as well. In order to avoid repetitions, features disclosed purely according to the device should also be deemed as disclosed according to the method and be claimable as well. Likewise, features disclosed purely according to the method should also be deemed to be disclosed according to the device and be claimable.

[0007] The invention is based on the concept of arranging on the autonomous robotic vehicle, i.e., on and/or in the robotic vehicle, a sensor device designed as a distance-determining device, with which the distance of the robotic vehicle to a boundary line and/or boundary surface, which preferably completely encloses the working area, can be determined, preferably constantly, i.e. continuously or at short discrete time intervals. The boundary surface is the peripheral wall of a pool, for example, or the walls of a room or a courtyard, or a curb, or the like. The distance-determining device supplies, preferably continuously, distance information about the distance, in particular the smallest distance, of a reference point of the robotic vehicle to the boundary line and/or boundary surface. The control unit processes this distance information and uses it to drive and steer the robotic vehicle in a controlled manner, for example in such a way that the robotic vehicle maintains a constant distance from the boundary line and/or boundary surface during forward travel. A boundary line and/or boundary surface within the meaning of the invention is not necessarily to be understood as a line or surface directly delimiting the working area. It is also possible to realize an embodiment in which the boundary line and/or the boundary surface is/are arranged at a distance from the outer boundaries of the working area. With a robotic vehicle designed according to the concept of the invention, the working area can be optimized and/or completely covered by processing the distance information without having to define a route beforehand. For example, the control unit controls the drive means of the robotic vehicle in such a way that the robotic vehicle moves along the working area in parallel paths, each path or track having a (different) constant distance to the boundary line and/or boundary surface, which is maintained by the control unit by correspondingly controlling the drive means on the basis of the distance information of the distance-determining device. In addition to being able to dispense with the programming of a route to be traveled, another advantage of a robotic vehicle designed according to the concept of the invention is that there is no need for a cyclical calibration of the sensor device on site for each new area of use.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

A one-time calibration at the factory is sufficient if no mechanical adjustment takes place. A particularly preferred embodiment of the robotic vehicle is as a pool robot with a suction and/or filter and/or cleaning device. A robotic vehicle designed in accordance with the concept of the invention allows for a complete and efficient coverage of the working area, in particular a complete and efficient cleaning of a pool floor and/or the pool walls without additional external aids or operator interactions, such as pool-specific programming activities or calibration steps on site.

[0008] A particularly preferred embodiment is one in which the control unit controls the drive means such that, if the robotic vehicle is set down at any point of the working area, the robotic vehicle moves straight ahead until it reaches an initial target distance value to the boundary line or boundary surface at any position. There, the robotic vehicle begins to move parallel to the boundary line or boundary surface, with the control unit controlling the drive means of the robotic vehicle in such a way that a target distance value is maintained. The control unit is preferably located inside the robotic vehicle in a waterproof housing or in the camera.

[0009] In a further development of the invention, it is advantageously provided that the control unit automatically calculates a trajectory for the robotic vehicle on the basis of the, in particular continuously determined, distance information, said trajectory preferably being designed in such a way that the entire working area or a predetermined portion of the working area or a portion of the working area that can be predetermined by an operator is, at least approximately, completely traversed, preferably without a surface area being traversed several times. The latter limitation or trajectory optimization does not necessarily apply to the last portion covered or the last portion of the trajectory, in particular if the diameter(s) of the working area is/are not evenly divisible by the widths of the lanes to be traveled.

[0010] A particularly advantageous embodiment is an embodiment in which the trajectory for the robotic vehicle is calculated in such a way that it travels in a clockwise and/or counterclockwise direction along the working area in the shape of a ring, i.e., in laps. A preferred embodiment is one in which the trajectory is calculated in such a way that the robotic vehicle moves continuously, either clockwise or counterclockwise. It is possible as well, however, to realize an embodiment in which the robotic vehicle alternates between covering the working area in a clockwise and acounterclockwise manner. In other words, ring-shaped lanes oriented to the boundary line and/or the boundary surface, i.e., running parallel to this/these, are calculated, wherein the diameters of the lanes to be traveled one after the other are either gradually increased or decreased, depending on whether the robotic vehicle begins at the center or the edge of the working area. In other words, after one ring-shaped track has been traveled, the robotic vehicle switches to the next adjacent ring-shaped track that is adapted to the contour of the working area.

[0011] In a further development of the invention, it is advantageously provided that the control unit controls the drive means on the basis of the distance information in such a way that the robotic vehicle travels along the working area in a plurality of laps, i.e., ring-shaped tracks, wherein the lap contours are oriented to the working area contour or to the inner contour of the boundary line and/or boundary surface. Preferably, the contours of the ring-shaped tracks correspond to the contour of the boundary line or the boundary surface on an increased or decreased scale. While a lap is being completed, i.e., while the robotic vehicle is traveling along a ring-shaped track, the control unit controls the drive means in such a way that the robotic vehicle maintains a defined distance from the boundary line and/or boundary surface. At the end of each lap, i.e., after the robotic vehicle has completed a lap, preferably completely, the robotic vehicle changes to an adjacent larger or smaller track or ring, whereby the contour of this track or ring-shaped track is also adapted to the contour of the working area or the inner contour of the boundary line or boundary surface because it maintains a constant distance, or corresponds to this distance on a modified scale.

[0012] Of particular advantage is an embodiment in which the width of a lap, i.e., the width of a ring-shaped track, corresponds at least approximately to the width of the robotic vehicle diagonally to the direction of travel or to the width of a working element of the robotic vehicle, for example a cutting blade or a cleaning device of the robotic vehicle, so that the entire working area can be completely "worked on," preferably without passing over a given surface several times.

[0013] A preferred embodiment of the robotic vehicle is one in which said vehicle comprises a rotation angle sensor with which it is possible to determine when a lap has been completed, so that it is possible to switch to an adjacent lap or ring-shaped track. In addition or as an alternative to the provision of a rotation angle sensor, the completion of a lap can be detected with the aid of GPS or odometry data.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

[0014] There are various options with regard to the specific design of the distance-determining device. A particularly advantageous embodiment of the distance-determining device is one in which said device has at least one measurement signal source and at least one sensor for receiving a measurement signal emitted by the measurement signal source and reflected at the boundary line and/or the boundary surface. It is particularly preferable if the measurement signal source and the sensor can be driven in rotation, preferably together. For example, the measurement signal source and the at least one sensor are firmly connected to a rotatably driven mounting plate.

[0015] A particularly preferred development of the distance-determining device is one in which the measurement signal source is designed as a light beam source, in particular as a laser beam source, and the at least one sensor is an optical sensor. This can be either a point sensor or an area sensor. A particularly preferred embodiment of the distance-determining device is one in which the sensor is designed as a digital camera, in particular with a CCD chip. The digital camera and the light beam source can be rotatably driven, for example by mounting on a mounting plate. With a distance-determining device designed in this way, the smallest distance to the boundary line and/or boundary surface can be easily determined for each rotational movement of the digital camera (sensor and measurement signal source). Preferably, the control unit is designed in such a way that obstacles are bypassed when detected by means of the distance-determining device. The distance-determining device can be used to detect obstacles, because the obstacles reflect the light beam into the digital camera. Thus, if the control unit is designed accordingly, it is possible to drive around the obstacle at a constant distance.

[0016] Additionally or alternatively, the measurement signal source of the distance-determining device can be designed as a sonar source and/or ultrasonic source and/or radar source. In this case, a corresponding sensor, i.e., a sonar signal sensor or an ultrasonic sensor or a radar sensor, must be assigned to such a measurement signal source. It should be noted, however, that radar waves cannot be used under water. The actual distance measurement, i.e. the distance-determination, is carried out regardless of the specific design of the measurement signal source and/or the sensor, for example via a time-of-flight measurement of the measurement signal and/or via interferometric measurement methods.

[0017] According to a preferred embodiment, the drive means of the robotic vehicle are controlled on the basis of the measurement of the respective smallest distance to the boundary line or boundary surface in such a way that this smallest distance from the robotic vehicle is constantly maintained at least approximately during each clockwise and/or counterclockwise travel on the work surface. The constant distance is increased or decreased by a constant length dimension, in particular by the width of a working element of the robotic vehicle or by the width of the robotic vehicle, after each 360° travel of the robotic vehicle, i.e., after the completion of each lap. A preferably provided rotation angle sensor determines whether or when a complete 360° travel of the robotic vehicle has taken place. Only after a complete 360° travel has been detected is the target distance to be maintained increased or decreased. It is possible to realize an embodiment in which the robotic vehicle is moved in a preferred direction of movement in a clockwise or counterclockwise direction in the event of ambiguities. Furthermore, an embodiment can be realized in which the robotic vehicle, if it is in undefined states, for example because no more distance value can be measured (temporarily), drives straight ahead until a valid distance value is available again, whereupon the robotic vehicle then continues the route with the prescribed distance to the boundary line or boundary surface. Furthermore, an embodiment can be realized in which the robotic vehicle, if it touches the boundary line and/or the boundary surface, in particular a peripheral edge, does not continue driving, but drives back again until a valid distance signal is available again and then, if the signal fails again, takes a direction that differs by an angular increment as before.

[0018] In a further development of the invention, it is advantageously provided that the distance-determining device uses the rotating light beam source and the rotating camera to determine the distance to the boundary line or boundary surface by triangulation, preferably in each case the minimum distance to the boundary line or boundary surface. During the triangulation, a light beam is focused on the boundary line or boundary surface and observed with a camera. If the distance of the boundary line or the boundary surface (measurement object) from the sensor (e.g., a camera) changes, the angle at which the light beam is observed changes and thus the position of its image on the camera's photo sensor changes as well. The distance of a reference point to the boundary line or boundary surface is then calculated from the change in position with the aid of angle functions. One advantage of triangulation is that it is a fast and precise method (> 20 kHz line measurement rate achievable—depending on light output).

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

The distance measurement can therefore be carried out continuously and is well suited for the quasi-continuous determination of the, preferably smallest, distance of the robotic vehicle to the boundary line or boundary surface.

[0019] In addition or as an alternative to determining the distance by triangulation, the distance-determining device described above can be used to to carry out a distance measurement by means of a time-of-flight measurement of the, preferably time-modulated, light beam.

[0020] In a further development, it is advantageously provided that the rough trajectory of the paths that are further inside or outside for the robotic vehicle is calculated on the basis of the first path that is closest to the outer contour or inner contour by using GPS signals which are received by a GPS receiver assigned to the control unit. The previously described distance measurement methods can be used for fine position correction purposes. In addition or alternatively, the GPS trajectory calculation can be used for paths that are further away, if the distance to the boundary line and/or boundary surface is too great for other measurement methods.

[0021] As mentioned at the beginning, the robotic vehicle is preferably a pool robotic vehicle, in particular a pool cleaning robot, whose working element is, for example, a filter device and/or suction device and/or cleaning device. However, the invention is not limited to this application. It is conceivable to design a robotic vehicle constructed according to the concept of the invention as a landscaping vehicle, for example as a lawnmower or weeding vehicle, in particular if the working area is surrounded, preferably completely, by a boundary line and/or a boundary surface (in particular a wall), in particular a vertical wall, to which a distance can then be measured, in particular in a quasi-continuous manner. However, it is also conceivable to use the robotic vehicle, for example as a room cleaning vehicle, e.g., as a vacuum cleaner vehicle for indoor or spatially limited working areas.

[0022] The invention also leads to a method for controlling drive means for driving and steering a robotic vehicle on a working area. According to the invention, it is provided that the drive means are controlled on the basis of distance information to a boundary line and/or a boundary surface, in particular a vertical boundary surface.

Brief description of the Drawings

[0023] Further advantages, features and details of the invention can be learned from the following description of preferred embodiments and from the drawings.

These show in:

[0024] **Fig. 1:** a schematic representation of a robotic vehicle on a working area surrounded by a boundary surface and

[0025] **Fig. 2:** an automatically calculated trajectory of the robotic vehicle path.

Embodiments of the Invention

[0026] In the figures, identical components and components with the same function are identified with the same reference number.

[0027] **Fig. 1** is an example of an autonomous robotic vehicle **1** designed as a pool cleaning vehicle. The robotic vehicle **1** is located within a pool on a working area **3**, which in the embodiment shown is formed by the bottom of the pool. Alternatively, the robotic vehicle **1** is designed, for example, as a lawnmower, in which case the working area **3** is formed by the lawn to be mowed.

[0028] In the embodiment shown, the working area **3** is delimited by four pool walls arranged at right angles to one another and forming a circumferential boundary surface **4.** The robotic vehicle **1** is equipped with a distance-determining device **5** (sensor device), which, in the embodiment shown, comprises a schematically indicated digital camera **6** (sensor) and a light beam source **7** (measurement signal source) in the form of a laser beam source. The digital camera **6** and the light beam source **7** are arranged on a mounting plate **8** and can be rotationally driven about a common axis of rotation **9** by means of a motor (not shown). The distance-determining device **5** also comprises an evaluation unit **10** for evaluating or determining the measured distance values of a reference point of the robotic vehicle **1** to the boundary surface **4** to be determined by triangulation. It is also conceivable that the evaluation unit **10** is part of a control unit **11**, which is separately formed in this embodiment, and which has a controlling effect on the only schematically indicated drive means **12** for generating propulsion and for steering the robotic vehicle **1**. With the help of the distance-determining device **5**, a minimum distance to the boundary surface **4** is determined for each rotation of the mounting plate **8** comprising the digital camera **6** and light beam source **7**. The control unit **11** controls the drive means **12** as a function of these quasi-continuously determined smallest distance measurement values in such a way that the robotic vehicle **1** moves over the working area **3** in a large number of laps, i.e. ring-shaped tracks, as shown in **Fig. 2**, wherein the distance of the robotic vehicle **1** to the boundary surface **4** remains constant during each lap or ring-shaped track.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

If the control unit **11** recognizes on the basis of corresponding sensor signals from a rotation angle sensor **13** that the robotic vehicle **1** has rotated by 360°, i.e., has completely traveled along a ring-shaped track, the control unit **11** controls the drive means **12** in such a way that the robotic vehicle changes to an adjacent lap or ring-shaped track, wherein a constant distance to the boundary surface **4** is maintained again, and whereby the width of the ring-shaped tracks in the embodiment shown corresponds to the width of the working element not shown, in this case a cleaning device of the robotic vehicle **1.** In the embodiment shown, the distance to be maintained is increased by a constant length, in this case the width of the working element, after each lap. This increase takes place on the radial line **14** shown, which connects the ring-shaped tracks with each other. When this radial line **14** is reached, the robotic vehicle 1 has completed one lap around the ring-shaped track.

[0029] **Fig. 2** shows the previously described trajectory for the robotic vehicle **1**, which was automatically determined by the control unit **11** on the basis of the determined distance to the boundary surface **4**. As can be seen from **Fig. 2**, almost the entire working area 3 except for the innermost area can be traveled in such a way that one and the same area is not traveled more than once. The robotic vehicle **1** or the control method also makes it possible for the entire working area **3** to be covered.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

CITATIONS IN THE DESCRIPTION

This list of documents cited by the applicant was generated automatically and is included solely for the reader's convenience. The list is not part of the German patent or utility model application. The German Patent and Trade Mark Office does no accept any liability for errors or omissions.

Cited patent literature

- EP 1041220 A2 **[0002]**
- EP 1302611 A2 **[0002]**
- WO 2005045162 A1 **[0002]**
- EP 1022411 A2 **[0002]**
- US 20040074524 A1 **[0002]**
- WO 2004019295 A1 **[0002]**
- EP 1489249 A2 **[0002]**
- EP 657603 A1 **[0002]**
- ES 2074401 A1 **[0002]**
- FR 2685374 A1 **[0002]**
- JP 2005257441 A **[0002]**
- EP 750083 A1 **[0002]**
- KR 2004101953 A **[0002]**
- FR 2781243 A1 **[0003]**
- US 556937 A **[0003]**
- US 5974347 A1 **[0003]**
- EP 550473 B1 **[0004]**
- US 6984952 B2 **[0004]**

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Claims

1. Robotic vehicle with drive means (**12**) for driving and steering the robotic vehicle (**1**) on a working area (**3**) and with a control unit (**11**) for actuating the drive means (**12**) on the basis of sensor information from at least one sensor device, characterized in that the sensor device is designed as a distance-determining device (**5**) arranged on the robotic vehicle (**1**) for determining, in particular continuously, the distance, in particular the smallest distance, to a boundary line and/or boundary surface (**4**).

2. Robotic vehicle according to claim 1, characterized in that the control unit (**11**) is designed to automatically calculate a trajectory of the robotic vehicle (**1**) on the basis of the distance information provided by the distance-determining device (**5**), preferably in such a way that the entire working area (**3**) or a predetermined or predeterminable portion of the working area (**3**) is, at least approximately, completely traveled, in particular in such a way that, at least approximately, no surface portion is traveled more than once.

3. Robotic vehicle according to any of claims 1 or 2, characterized in that the control unit (**11**) has a clockwise and/or counterclockwise trajectory.

4. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that the control unit (**11**) controls the drive means (**12**) in such a way that the robotic vehicle (**1**) travels the working area (**3**) in a plurality of laps, in particular each oriented to the contour of the boundary line and/or boundary surface (**4**), wherein, during each lap, the robotic vehicle (**1**) maintains a defined distance from the boundary line and/or boundary surface (**4**), which preferably surrounds the working area (**3**), with the defined distance being increased or decreased by a defined length from one lap to the next.

5. Robotic vehicle according to claim 4, characterized in that the defined length dimension corresponds, at least approximately, to the width of the robotic vehicle (**1**) or, at least approximately, to the width of a working element of the robotic vehicle (**1**).

6. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that a rotation angle sensor (**13**) associated with the control unit (**11**) is provided, with which it is possible to determine whether the robotic vehicle (**1**) has rotated by 360° and has subsequently completed a lap.

7. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that the distance-determining device (**5**) has at least one measurement signal source and at least one sensor for receiving a measurement signal reflected at the boundary line and/or boundary surface (**4**), the measurement signal source and the sensor being rotatably drivable, preferably jointly.

8. Robotic vehicle according to claim 7, characterized in that the measurement signal source comprises a light beam source (7), in particular a laser beam source, and the sensor comprises a photosensor, in particular a digital camera (**6**).

9. Robotic vehicle according to any of claims 7 or 8, characterized in that the measurement signal source comprises an acoustic source, in particular an ultrasonic source, or a radar source, and the sensor comprises a sound sensor, in particular an ultrasonic sensor, or a radar sensor.

10. Robotic vehicle according to any of claims 7 to 9, characterized in that the distance-determining device (**5**) and/or the control unit (**11**) is designed to determine the distance to the boundary line and/or boundary surface (**4**), preferably to determine the minimum distance to the boundary line and/or boundary surface (**4**) by means of triangulation.

11. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that the distance-determining device (**5**) and/or the control unit (**11**) is designed to determine the distance to the boundary line and/or boundary surface (**4**), preferably to determine the minimum distance to the boundary line and/or boundary surface (**4**), by means of time-of-flight measurement.

12. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that a GPS receiver is assigned to the control unit (**11**), and in that the control unit (**11**) is designed to control the drive means (**12**) on the basis of GPS signals that are received.

13. Robotic vehicle according to any of the preceding claims, characterized in that the robotic vehicle (**1**) is a working vehicle, in particular a landscaping vehicle, preferably a lawnmower, or a cleaning vehicle, or a pool vehicle, in particular a pool cleaner.

14. Method for controlling drive means (**12**) for driving and steering a robotic vehicle (**1**) on a working area (**3**),

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

characterized in that the drive means (**12**) are actuated on the basis of distance information relating to a boundary line and/or a boundary surface (**4**).

One page of drawings to follow

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Attached Drawings

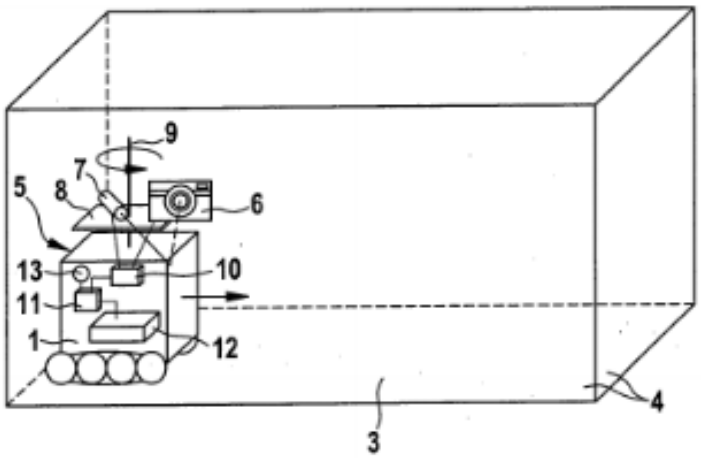


Fig. 1

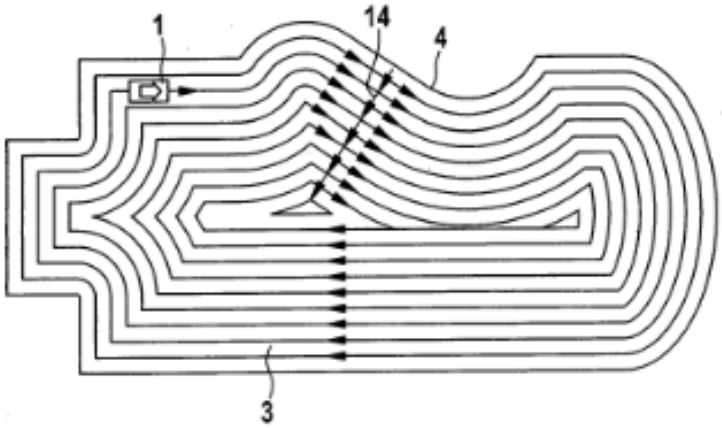


Fig. 2

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 053 310 A1** 2009.06.10

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 053 310.3**
(22) Anmeldetag: **08.11.2007**
(43) Offenlegungstag: **10.06.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***G05D 1/02*** (2006.01)
G01S 13/88 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)
G01S 15/88 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Knoll, Christian, 70376 Stuttgart, DE

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

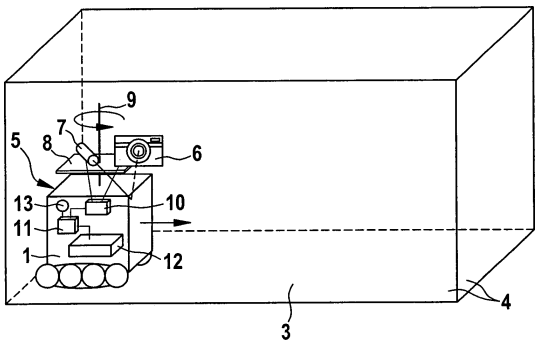
US	**48 78 003**	**A**
DE	**690 24 706**	**T2**
EP	**14 89 249**	**A2**
EP	**13 02 611**	**A2**
EP	**10 41 220**	**A2**
EP	**10 22 411**	**A2**
EP	**07 50 083**	**A1**
EP	**05 50 473**	**B1**
WO	**2005/0 45 162**	**A1**
WO	**2004/0 19 295**	**A1**
FR	**27 81 243**	**A1**
FR	**26 85 374**	**A1**
US	**2004/00 74 524**	**A1**
US	**69 84 952**	**B2**
US	**59 74 347**	**A**
JP	**2005-2 57 441**	**AA**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Roboterfahrzeug sowie Ansteuerverfahren für ein Roboterfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Roboterfahrzeug (1) mit Antriebsmitteln (12) zum Antreiben und Lenken des Roboterfahrzeugs (1) auf einem Arbeitsbereich (3) und mit einer Steuereinheit (11) zum Ansteuern der Antriebsmittel (12) in Abhängigkeit von Sensorinformationen mindestens einer Sensoreinrichtung. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Sensoreinrichtung als eine am Roboterfahrzeug (1) angeordnete Abstandsbestimmungseinrichtung (5) zum insbesondere ständigen Bestimmen des insbesondere geringsten Abstandes zu einer Grenzlinie und/oder Grenzfläche (4) ausgebildet ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Ansteuerverfahren.



Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein (autonomes) Rotoberfahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Ansteuerverfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 14.

[0002] Aus der EP 1 041 220 A2, der EP 1 302 611 A2, der WO 2005 045 162 A1, der EP 1 022 411 A2, der US 2004 0074524 A1, der WO 2004 019.295 A1, der EP 1 489 249 A2, der EP 657 603 A1, der ES 2 074 401 A1, der FR 2 685 374 A1, der JP 2005 257 441 A, der EP 750 083 A1 sowie der KR 2004 101 953 A sind Roboterfahrzeuge bekannt, die nach Erkennen einer Wandberührung einen Richtungswinkel um einen definierten Winkel vornehmen und daraufhin ihre Bewegung geradlinig fortsetzen. Nachteilig bei diesen Roboterfahrzeugen ist es, dass die Roboterfahrzeuge mit einer reinen Zufallsnavigation gesteuert werden, so dass es nicht möglich ist, den Arbeitsbereich wegoptimiert abzufahren. Ein vollständiges Abfahren ist für beliebige Flächen nicht garantiert und dauert entsprechend lange.

[0003] Aus der FR 2 781 243 A1, der US 556 937 A und der US 5 974 347 A1 sind-Roboterfahrzeuge bekannt, deren Steuereinheit eine automatische Trajektorienkorrektur zum Folgen eines vorher vom Bediener einprogrammierten Pfades vornimmt. Das Programmieren des Pfades ist aufwendig und erfordert zumeist fachmännische Unterstützung.

[0004] Ansteuersysteme für Rasenmäher-Roboterfahrzeuge mit einer markerbasierten Rasenflächenbegrenzung sind beispielsweise aus der EP 550 473 B1 und der US 6 984 952 B2 bekannt.

Offenbarung der Erfindung

Technische Aufgabe

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Roboterfahrzeug vorzuschlagen, mit dem ein Arbeitsbereich beliebiger Form wegoptimiert und vollständig abgefahren werden kann, ohne dass es notwendig ist, einen entsprechend optimierten Pfad einzuprogrammieren. Ferner besteht die Aufgabe darin, ein entsprechend optimiertes Ansteuerverfahren vorzuschlagen.

Technische Lösung

[0006] Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Roboterfahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Ansteuerverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren offenbarten Merkmalen. Zur Vermeidung von Wiederholungen sollen rein vorrichtungsgemäß offenbarte Merkmale auch als verfahrensgemäß offenbart gelten und beanspruchbar sein. Ebenso sollen rein verfahrensgemäß offenbarte Merkmale auch als vorrichtungsgemäß offenbart gelten und beanspruchbar sein.

[0007] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, am autonomen Roboterfahrzeug, d. h. auf und/oder in dem Roboterfahrzeug, eine als Abstandsbestimmungseinrichtung ausgebildete Sensoreinrichtung anzuordnen, mit der, vorzugsweise ständig, d. h. kontinuierlich bzw. in kurzen diskreten Zeitabständen, der Abstand des Roboterfahrzeugs zu einer Grenzlinie und/oder Grenzfläche, die bevorzugt den Arbeitsbereich vollständig umschließt, bestimmt werden kann. Beispielsweise handelt es sich dabei bei der Grenzfläche um die Umfangswand eines Pools, oder um die Wände eines Raumes oder eines Hofes oder um eine Straßenbordsteinkante, oder dergleichen. Die Abstandsbestimmungseinrichtung liefert, vorzugsweise ständig, Abstandsinformationen über den, insbesondere geringsten, Abstand eines Bezugspunktes des Roboterfahrzeuges zu der Grenzlinie und/oder Grenzfläche. Die Steuereinheit verarbeitet diese Abstandsinformationen und nutzt diese zum kontrollierten Antreiben und Lenken des Roboterfahrzeuges, beispielsweise derart, dass das Roboterfahrzeug während einer Vorwärtsfahrt einen konstanten Abstand zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche einhält. Unter einer Grenzlinie und/oder Grenzfläche im Sinne der Erfindung ist nicht notwendigerweise eine den Arbeitsbereich unmittelbar begrenzende Linie oder Fläche zu verstehen. Es ist auch eine Ausführungsform realisierbar, bei der die Grenzlinie und/oder die Grenzfläche mit Abstand zu den Außengrenzen des Arbeitsbereichs angeordnet ist/sind. Mit einem nach dem Konzept der Erfindung ausgebildeten Roboterfahrzeug kann durch Verarbeiten der Abstandsinformationen der Arbeitsbereich, ohne dass zuvor eine Route festgelegt werden muss, wegoptimiert und/oder vollständig abgefahren werden. Beispielsweise steuert die Steuereinheit die Antriebsmittel des Roboterfahrzeugs derart an, dass das Roboterfahrzeug den Arbeitsbereich in parallelen Bahnen abfährt, wobei jede Bahn bzw. Spur einen (anderen) konstanten Abstand zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche aufweist, der von der Steuereinheitsbasis der Abstandsinformation der Abstandsbestimmungseinrichtung durch entsprechendes Ansteuern der Antriebsmittel eingehalten wird. Ein weiterer Vorteil eines nach dem Konzept der Erfindung ausgebildeten Roboterfahrzeugs besteht neben der Möglichkeit, auf eine Programmierung einer abzufahrenden Route zu verzichten, darin, dass auf eine zyklische Kalibrierung der Sensoreinrichtung vor Ort für jeden neuen Einsatzbereich verzichtet werden kann. Es genügt

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

die einmalige werksseitige Kalibrierung falls keine mechanische Verstellung erfolgt. Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform des Roboterfahrzeugs als Poolroboter mit einer Saug- und/oder Filter- und/oder Putzvorrichtung. Ein nach dem Konzept der Erfindung ausgebildetes Roboterfahrzeug ermöglicht ein vollständiges und effizientes Abfahren des Arbeitsbereichs, insbesondere eine vollständige und effiziente Reinigung eines Poolbodens und/oder der Poolwände ohne zusätzliche externe Hilfsmittel oder Bedienerinteraktionen, wie beispielsweise poolspezifische Programmiertätigkeiten oder Kalibriervorgänge vor Ort.

[0008] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der die Steuereinheit die Antriebsmittel derart ansteuert, dass, falls das Roboterfahrzeug an einer beliebigen Stelle auf dem Arbeitsbereich abgesetzt wird, das Roboterfahrzeug solange geradeaus fährt, bis es an irgendeiner Position einen initialen Sollabstandswert zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche misst. Dort beginnt das Roboterfahrzeug mit der Bewegung parallel zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche, wobei die Steuereinheit die Antriebsmittel des Roboterfahrzeugs derart ansteuert, dass ein Sollabstandswert eingehalten wird. Bevorzugt ist die Steuereinheit innerhalb des Roboterfahrzeugs in einem wasserdichten Gehäuse oder in der Kamera angeordnet.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung ist mit Vorteil vorgesehen, dass die Steuereinheit auf Basis der, insbesondere kontinuierlich ermittelten, Abstandsinformationen automatisch eine Trajektorie für das Roboterfahrzeug berechnet, wobei diese bevorzugt derart ausgebildet ist, dass der gesamte Arbeitsbereich oder ein vorgegebener oder von einem Bediener vorgebbarer Abschnitt des Arbeitsbereichs, zumindest näherungsweise, vollständig abgefahren wird, vorzugsweise ohne dass ein Flächenabschnitt mehrfach überfahren wird. Die letztgenannte Einschränkung bzw. Abfahroptimierung gilt nicht zwingend für die letzte Abfahrstrecke bzw. den letzten Streckenabschnitt der Trajektorie, insbesondere dann, wenn der/die Durchmesser des Arbeitsbereichs nicht gradzahlig durch die abzufahrenden Bahnbreiten teilbar ist/sind.

[0010] Von besonderem Vorteil ist eine Ausführungsform, bei der die Trajektorie für das Roboterfahrzeug derart berechnet wird, dass dieses im Uhrzeigersinn und/oder im Gegenuhrzeigersinn den Arbeitsbereich ringförmig, d. h. in Runden, abfährt. Dabei ist eine Ausführungsform bevorzugt, bei der die Trajektorie derart berechnet wird, dass das Roboterfahrzeug ständig, entweder im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn, verfährt. Es ist jedoch eine Ausführungsform realisierbar, bei der zwischen einem Abfahren des Arbeitsbereiches im Uhrzeigersinn und einem Abfahren im Gegenuhrzeigersinn gewechselt wird. Anders ausgedrückt werden ringförmige, an der Grenzlinie und/oder der Grenzfläche orientierte, d. h. parallel zu dieser/diesen verlaufende, Fahrspuren berechnet, wobei die Durchmesser der nacheinander abzufahrenden Fahrspuren je nach dem, ob im Arbeitsbereich innen oder außen mit dem Abfahren begonnen wird, entweder schrittweise größer oder schrittweise kleiner werden. Anders ausgedrückt wird nach Abfahren einer Ringspur von dem Roboterfahrzeug auf die nächste, benachbarte, an die Arbeitsbereichkontur angepasste Ringspur gewechselt.

[0011] In Weiterbildung der Erfindung ist mit Vorteil vorgesehen, dass die Steuereinheit die Antriebsmittel in Abhängigkeit der Abstandsinformationen derart ansteuert, dass das Roboterfahrzeug den Arbeitsbereich in mehreren Runden, d. h. Ringspuren, abfährt, wobei die Rundenkonturen an der Arbeitsbereichskontur bzw. an der Innenkontur der Grenzlinie und/oder Grenzfläche orientiert sind. Vorzugsweise entsprechen die Konturen der Ringspuren der Kontur der Grenzlinie bzw. der Grenzfläche im vergrößerten oder verkleinerten Maßstab. Während eine Runde abgefahren wird, d. h. während das Roboterfahrzeug eine Ringspur befährt, steuert die Steuereinheit die Antriebsmittel derart an, dass das Roboterfahrzeug einen definierten Abstand zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche einhält. Nach Abschluss jeder Runde, also nachdem ein Ring von dem Roboterfahrzeug, vorzugsweise vollständig, abgefahren wurde, wechselt das Roboterfahrzeug zu einem benachbarten größeren oder kleineren Ring bzw. Runde, wobei auch die Kontur dieses Rings bzw. dieser Ringspur an die Kontur des Arbeitsbereichs bzw. der Innenkontur der Grenzlinie bzw. der Grenzfläche aufgrund des Einhaltens des konstanten Abstandes angepasst ist, bzw. dieser in einem geänderten Maßstab entspricht.

[0012] Von besonderem Vorteil ist eine Ausführungsform, bei der die Breite einer Runde, d. h. die Breite einer Ringspur, zumindest näherungsweise, der Breite des Roboterfahrzeugs quer zur Fahrtrichtung oder der Breite eines Arbeitselementes des Roboterfahrzeugs, beispielsweise eines Schneidmessers oder einer Putzvorrichtung des Roboterfahrzeugs, entspricht, so dass der gesamte Arbeitsbereich vollständig „abgearbeitet" werden kann, bevorzugt ohne dabei einen Flächenabschnitt mehrfach zu überfahren.

[0013] Bevorzugt ist eine Ausführungsform des Roboterfahrzeugs, bei der dieses einen Drehwinkelsensor aufweist, mit dem feststellbar ist, wenn eine Runde abgeschlossen ist, sodass auf eine benachbarte Runde bzw. Ringspur gewechselt werden kann. Zusätzlich oder alternativ zu dem Vorsehen eines Drehwinkelsensors kann das Abschließen einer Runde GPS-unterstützt oder Odometriedaten-unterstützt detektiert werden.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

[0014] In Hinblick auf die konkrete Ausbildung der Abstandsbestimmungseinrichtung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Von besonderem Vorteil ist eine Ausführungsform der Abstandsbestimmungseinrichtung, bei der diese mindestens eine Messsignalquelle und mindestens einen Sensor zum Empfangen eines von der Messsignalquelle ausgesandten und an der Grenzlinie und/oder der Grenzfläche reflektierten Messsignals aufweist. Besonders bevorzugt ist es dabei, wenn die Messsignalquelle und der Sensor, vorzugsweise gemeinsam, rotierend antreibbar sind. Beispielsweise sind hierzu die Messsignalquelle und der mindestens eine Sensor fest mit einer rotierbar angetriebenen Halteplatte verbunden.

[0015] Besonders bevorzugt ist eine Ausbildung der Abstandsbestimmungseinrichtung, bei der die Messsignalquelle als Lichtstrahlquelle, insbesondere als Laserstrahlquelle, ausgebildet ist und der mindestens eine Sensor ein optischer Sensor ist. Dabei kann es sich sowohl um einen Punktsensor als auch um einen Flächensensor handeln. Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform der Abstandsbestimmungseinrichtung, bei der der Sensor als Digitalkamera, insbesondere mit einem CCD-Chip, ausgebildet ist. Die Digitalkamera und die Lichtstrahlquelle sind dabei, vorzugsweise gemeinsam, beispielsweise durch Montage auf einer Halteplatte rotierbar angetrieben angeordnet. Mit einer derart ausgebildeten Abstandsbestimmungseinrichtung kann auf einfache Weise für jede Drehbewegung der Digitalkamera (Sensor und Messsignalquelle) der geringste Abstand zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche bestimmt werden. Bevorzugt ist die Steuereinheit derart ausgebildet, dass, wenn mittels der Abstandsbestimmungseinrichtung Hindernisse detektiert werden, diese umfahren werden. Mit der Abstandsbestimmungseinrichtung können Hindernisse erkannt werden, da die Hindernisse den Lichtstrahl in die Digitalkamera reflektieren. Auf diese Weise ist es, bei einer entsprechenden Ausbildung der Steuereinheit, möglich, das Hindernis mit einem konstanten Abstand zu umfahren.

[0016] Zusätzlich oder alternativ kann die Messsignalquelle der Abstandsbestimmungseinrichtung als Sonarquelle und/oder Ultraschallquelle und/oder Radarquelle ausgebildet werden. Einer derartig ausgebildeten Messsignalquelle ist dann ein entsprechender Sensor, also ein Sonarsignalsensor bzw. ein Ultraschallsensor oder ein Radarsensor zuzuordnen, wobei zu beachten ist, dass Radarwellen unter Wasser nicht eingesetzt werden können. Die eigentliche Entfernungsmessung, d. h. Abstandsbestimmung, erfolgt – unabhängig von der konkreten Ausbildung der Messsignalquelle und/oder des Sensors beispielsweise über eine Laufzeitmessung des Messsignals und/oder über interferometrische Messmethoden.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Antriebsmittel des Roboterfahrzeugs auf Basis der Messung des jeweils geringsten Abstandes zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche derart angesteuert, dass dieser geringste Abstand von dem Roboterfahrzeug bei jedem Umlauf der Arbeitsfläche im Uhrzeigersinn und/oder im Gegenuhrzeigersinn, zumindest näherungsweise, konstant eingehalten wird. Der konstante Abstand wird nach jedem 360°-Umlauf des Roboterfahrzeugs, also nach Abschluss jeder Runde, um ein konstantes Längen maß, insbesondere um die Breite eines Arbeitselementes des Roboterfahrzeugs oder um die Breite des Roboterfahrzeugs, erhöht oder erniedrigt. Ein vorzugsweise vorgesehener Dreh-Winkelsensor ermittelt dabei, ob bzw. wann eine vollständige 360°-Drehung des Roboterfahrzeugs stattgefunden hat. Erst nach Detektion einer vollständigen 360°-Drehung wird der einzuhaltende Sollabstand erhöht bzw. erniedrigt. Es ist eine Ausführungsform realisierbar, bei der bei Mehrdeutigkeiten das Roboterfahrzeug in einer Vorzugsbewegungsrichtung im Uhrzeigersinn oder Gegenuhrzeigersinn weiterbewegt wird. Weiterhin ist eine Ausführungsform realisierbar, bei der das Roboterfahrzeug, wenn sich dieses in undefinierten Zuständen befindet, beispielsweise weil (zeitweise) kein Abstandswert mehr gemessen werden kann, solange geradeaus fährt, bis wieder ein gültiger Abstandswert vorliegt, woraufhin das Roboterfahrzeug dann die Route mit dem vorgeschriebenen Abstand zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche fortführt. Ferner ist eine Ausführungsform realisierbar, bei der das Roboterfahrzeug, falls dieses die Grenzlinie und/oder die Grenzfläche, insbesondere eine Umfangsand, berührt, nicht weiterfährt, sondern wieder zurückfährt, bis wieder ein gültiges Abstandssignal vorhanden ist und dann bei erneutem Signalausfall eine um ein Winkelinkrement verschiedene Richtung wie zuvor einschlägt.

[0018] In Weiterbildung der Erfindung ist mit Vorteil vorgesehen, dass die Abstandsbestimmungseinrichtung mit Hilfe der rotierenden Lichtstrahlquelle und der rotierenden Kamera den Abstand zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche durch Triangulation, vorzugsweise jeweils den minimalen Abstand zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche, ermittelt. Bei der Triangulation wird ein Lichtstrahl auf die Grenzlinie bzw. die Grenzfläche fokussiert und mit einer Kamera beobachtet. Ändert sich die Entfernung der Grenzlinie bzw. der Grenzfläche (Messobjekt) vom Sensor (z. B. Kamera), ändert sich auch der Winkel, unter dem der Lichtstrahl beobachtet wird und damit die Position seines Abbildes auf dem Fotosensor der Kamera. Aus der Positionsänderung wird dann mit Hilfe von Winkelfunktionen der Abstand eines Bezugspunktes zu der Grenzlinie bzw. Grenzfläche berechnet. Ein Vorteil der Triangulation ist darin zu sehen, dass es sich um schnelles und präzises Verfahren handelt (> 20 kHz Liniemessrate erreichbar – abhängig von Lichtleistung) handelt. Die Abstandsmessung kann daher kontinu-

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

ierlich erfolgen und eignet sich gut zur quasi kontinuierlichen Bestimmung des, vorzugsweise geringsten, Abstands des Roboterfahrzeugs zur Grenzlinie bzw. Grenzfläche.

[0019] Zusätzlich oder Alternativ zu einer Abstandsbestimmung durch Triangulation kann mittels der zuvor beschriebenen Abstandsbestimmungseinrichtung eine Abstandsmessung durch eine Laufzeitmessung des, vorzugsweise zeitlich modulierten, Lichtstrahls erfolgen.

[0020] In Weiterbildung ist mit Vorteil vorgesehen, dass die grobe Trajektorie der weiter innen bzw. außen liegenden Bahnen für das Roboterfahrzeug auf Basis der ersten Bahn, die am nächsten an der Außenkontur bzw. Innenkontur liegt mit GPS-Signalen berechnet wird, die von einem der Steuereinheit zugeordneten GPS-Empfänger empfangen werden. Dabei können die zuvor beschriebenen Methoden zur Abstandsmessung zur Feinpositionskorrektur eingesetzt werden. Zusätzlich oder alternativ kann die GPS-Trajektorienberechnung für weit entfernte Bahnen, falls dort der Abstand zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche für andere Messmethoden zu groß ist, eingesetzt werden.

[0021] Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei dem Roboterfahrzeug bevorzugt um ein Poolroboterfahrzeug, insbesondere einen Poolreinigungsroboter, dessen Arbeitselement, beispielsweise eine Filtereinrichtung und/oder Saugeinrichtung und/oder Reinigungseinrichtung ist. Auf diese Anwendung ist die Erfindung jedoch nicht beschränkt. Es ist denkbar, ein nach dem Konzept der Erfindung ausgebildetes Roboterfahrzeug als Gartenfahrzeug, beispielsweise als Rasenmäher- oder Unkrautjähtfahrzeug, auszubilden, insbesondere dann, wenn der Arbeitsbereich, vorzugsweise vollständig, von einer Grenzlinie und/oder einer, insbesondere vertikalen, Grenzfläche (insbesondere Wand) umgeben ist, zu der dann, insbesondere quasi kontinuierlich, ein Abstand gemessen werden kann. Es ist jedoch auch denkbar, das Roboterfahrzeug, beispielsweise als Raumreinigungsfahrzeug, beispielsweise als Staubsaugerfahrzeug zum Einsatz in Innenräumen oder räumlich begrenzten Arbeitsbereichen auszubilden.

[0022] Die Erfindung führt auch auf ein Verfahren zum Ansteuern von Antriebsmitteln zum Antreiben und Lenken eines Roboterfahrzeugs auf einem Arbeitsbereich. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Antriebsmittel in Abhängigkeit von Abstandsinformationen zu einer Grenzlinie und/oder einer, insbesondere vertikalen Grenzfläche angesteuert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

[0024] Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Roboterfahrzeugs auf einem von einer Grenzfläche umgebenden Arbeitsbereich und

[0025] Fig. 2: eine automatisch berechnete Trajektorie der Roboterfahrzeugbahn.

Ausführungsformen der Erfindung

[0026] In den Figuren sind gleiche Bauteile und Bauteile mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0027] In Fig. 1 ist beispielhaft ein als Poolreinigungsfahrzeug ausgebildetes, autonomes Roboterfahrzeug **1** gezeigt. Das Roboterfahrzeug **1** befindet sich innerhalb eines Pools auf einem Arbeitsbereich **3**, der in dem gezeigten Ausführungsbeispiel vom Poolboden gebildet wird. Alternativ ist das Roboterfahrzeug **1** beispielsweise als Rasenmäherfahrzeug ausgebildet, wobei dann der Arbeitsbereich **3** von der zu mähenden Rasenfläche gebildet wird.

[0028] Der Arbeitsbereich **3** wird in dem gezeigten Ausführungsbeispiel von vier rechtwinklig zueinander angeordneten, eine umlaufende Grenzfläche **4** bildenden, Poolwänden begrenzt. Das Roboterfahrzeug **1** ist mit einer Abstandsbestimmungseinrichtung **5** (Sensoreinrichtung) ausgestattet, die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine schematisch angedeutete Digitalkamera **6** (Sensor) sowie eine als Laserstrahlquelle ausgebildete Lichtstrahlquelle **7** (Messsignalquelle) umfasst. Die Digitalkamera **6** und die Lichtstrahlquelle **7** sind auf einer Halteplatte **8** angeordnet und mittels eines nicht gezeigten Motors rotierend um eine gemeinsame Drehachse **9** antreibbar. Die Abstandsbestimmungseinrichtung **5** umfasst weiterhin eine Auswerteeinheit **10** zur Auswertung bzw. Bestimmung der durch Triangulation zu ermittelnden Abstandsmesswerte eines Bezugspunktes des Roboterfahrzeugs **1** zu der Grenzfläche **4**. Es ist auch denkbar, dass die Auswerteeinheit **10** Teil einer in diesem Ausführungsbeispiel separat ausgebildeten Steuereinheit **11** ist, die steuernd auf lediglich schematisch angedeutete Antriebsmittel **12** zum Erzeugen von Vortrieb und zum Lenken des Roboterfahrzeuges **1** einwirkt. Mit Hilfe der Abstandsbestimmungseinrichtung **5** wird bei jeder Umdrehung der Halteplatte **8** mit Digitalkamera **6** und Lichtstrahlquelle **7** ein geringster Abstand zur Grenzfläche **4** ermittelt. Die Steuereinheit **11** steuert in Abhängigkeit dieser quasi kontinuierlich ermittelten geringsten Abstandsmesswerte die Antriebsmittel **12** derart an, dass das Roboterfahrzeug **1** den Arbeitsbereich **3** in einer Vielzahl von aus Fig. 2 ersichtlichen Runden, d. h. Ringspuren, abfährt, wobei der Abstand des Roboterfahrzeugs **1** zur Grenzfläche **4** auf jeder Runde

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

bzw. Ringspur konstant bleibt. Wird von der Steuereinheit **11** aufgrund entsprechender Sensorsignale eines Drehwinkelsensors **13** erkannt, dass sich das Roboterfahrzeug **1** um 360° gedreht, also eine Ringspur vollständig abgefahren hat, steuert die Steuereinheit **11** die Antriebsmittel **12** derart an, dass das Roboterfahrzeug auf eine benachbarte Runde bzw. Ringspur wechselt, in der wiederum ein konstanter Abstand zur Grenzfläche **4** eingehalten wird, wobei die Breite der Ringspuren in dem gezeigten Ausführungsbeispiel der Breite des nicht eingezeichneten Arbeitselementes, hier einer Reinigungsvorrichtung des Roboterfahrzeugs **1**, entspricht. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird nach jeder Runde der einzuhaltende Abstand um ein konstantes Längenmaß, hier der Breite des Arbeitselementes, erhöht. Diese Erhöhung findet jeweils auf der eingezeichneten Radiallinie **14** statt, die die Ringspuren miteinander verbindet. Bei Erreichen dieser Radiallinie **14** hat das Roboterfahrzeug **1** jeweils eine Ringspur komplett abgefahren.

[0029] Aus Fig. 2 ist die zuvor beschriebene Trajektorie für das Roboterfahrzeug **1** gezeigt, die automatisch von der Steuereinheit **11** in Abhängigkeit der ermittelten Abstandsinformationen zur Grenzfläche **4** ermittelt wurde. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, kann nahezu der gesamte Arbeitsbereich **3** bis auf den unmittelbar innersten Bereich derart abgefahren werden, dass ein und derselbe Flächeninhalt nicht mehrfach abgefahren wird. Das Roboterfahrzeug **1** bzw. das Ansteuerverfahren ermöglicht zudem ein vollständiges Abfahren des Arbeitsbereichs **3**.

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1041220 A2 [0002]
- EP 1302611 A2 [0002]
- WO 2005045162 A1 [0002]
- EP 1022411 A2 [0002]
- US 20040074524 A1 [0002]
- WO 2004019295 A1 [0002]
- EP 1489249 A2 [0002]
- EP 657603 A1 [0002]
- ES 2074401 A1 [0002]
- FR 2685374 A1 [0002]
- JP 2005257441 A [0002]
- EP 750083 A1 [0002]
- KR 2004101953 A [0002]
- FR 2781243 A1 [0003]
- US 556937 A [0003]
- US 5974347 A1 [0003]
- EP 550473 B1 [0004]
- US 6984952 B2 [0004]

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Patentansprüche

1. Roboterfahrzeug mit Antriebsmitteln (**12**) zum Antreiben und Lenken des Roboterfahrzeugs (**1**) auf einem Arbeitsbereich (**3**) und mit einer Steuereinheit (**11**) zum Ansteuern der Antriebsmittel (**12**) in Abhängigkeit von Sensorinformationen mindestens einer Sensoreinrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoreinrichtung als eine am Roboterfahrzeug (**1**) angeordnete Abstandsbestimmungseinrichtung (**5**) zum, insbesondere ständigen, Bestimmen des, insbesondere geringsten, Abstandes zu einer Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**) ausgebildet ist.

2. Roboterfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**11**) automatisch eine Trajektorie des Roboterfahrzeugs (**1**) in Abhängigkeit der von der Abstandsbestimmungseinrichtung (**5**) bereitgestellten Abstandsinformationen berechnend ausgebildet ist, vorzugsweise derart, dass der gesamte Arbeitsbereich (**3**) oder ein vorgegebener oder vorgebbarer Abschnitt des Arbeitsbereichs (**3**), zumindest näherungsweise, vollständig abgefahren wird, insbesondere derart, dass dabei, zumindest näherungsweise, kein Flächenabschnitt mehrfach überfahren wird.

3. Roboterfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**11**) eine im Uhrzeigersinn und/oder im Gegenuhrzeigersinn verlaufende Trajektorie ausgebildet ist.

4. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**11**) die Antriebsmittel (**12**) derart ansteuert, dass das Roboterfahrzeug (**1**) den Arbeitsbereich (**3**) in mehreren, insbesondere jeweils an der Kontur der Grenzlinie- und/oder Grenzfläche (**4**) orientierten, Runden abfährt, wobei das Roboterfahrzeug (**1**) während jeder Runde einen definierten Abstand zu der, vorzugsweise den Arbeitsbereich (**3**) umschließenden, Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**) einhält, wobei der definierte Abstand von Runde zu Runde um ein definiertes Längenmaß erhöht oder erniedrigt wird.

5. Roboterfahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das definierte Längenmaß, zumindest näherungsweise, der Breite des Roboterfahrzeugs (**1**) oder, zumindest näherungsweise, der Breite eines Arbeitselementes des Roboterfahrzeugs (**1**) entspricht.

6. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein der Steuereinheit (**11**) zugeordneter Drehwinkelsensor (**13**) vorgesehen ist, mit dem bestimmbar ist, ob sich das Roboterfahrzeug (**1**) um 360° gedreht hat und in der Folge eine Runde beendet ist.

7. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandsbestimmungseinrichtung (**5**) mindestens eine Messsignalquelle und mindestens einen Sensor zum Empfangen eines an der Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**) reflektiertes Messsignals aufweist, wobei die Messsignalquelle und der Sensor, vorzugsweise gemeinsam, rotierend antreibbar sind.

8. Roboterfahrzeug nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass die Messsignalquelle eine Lichtstrahlquelle (**7**), insbesondere eine Laserstrahlquelle, umfasst und der Sensor einen Fotosensor, insbesondere eine Digitalkamera (**6**), umfasst.

9. Roboterfahrzeug nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsignalquelle eine Schallquelle, insbesondere eine Ultraschallquelle, oder eine Radarquelle umfasst und der Sensor einen Schallsensor, insbesondere ein Ultraschallsensor, bzw. ein Radarsensor umfasst.

10. Roboterfahrzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandsbestimmungseinrichtung (**5**) und/oder die Steuereinheit (**11**) die Abstandsbestimmung zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**), vorzugsweise die Bestimmung des minimalen Abstandes zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**), durch Triangulation durchführend ausgebildet ist.

11. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandsbestimmungseinrichtung (**5**) und/oder die Steuereinheit (**11**) die Abstandsbestimmung zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**), vorzugsweise die Bestimmung des minimalen Abstandes zur Grenzlinie und/oder Grenzfläche (**4**), durch Laufzeitmessung durchführend ausgebildet ist.

12. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinheit (**11**) ein GPS-Empfänger zugeordnet ist, und dass die Steuereinheit (**11**) die Antriebsmittel (**12**) in Abhängigkeit von empfangenen GPS-Signalen ansteuernd ausgebildet ist.

13. Roboterfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Roboterfahrzeug (**1**) ein Arbeitsfahrzeug, insbesondere ein Gartenarbeitsfahrzeug, vorzugsweise ein Rasenmäherfahrzeug, oder ein Reinigungsfahrzeug, oder ein Poolfahrzeug, insbesondere ein Poolreinigungsfahrzeug, ist.

14. Verfahren zum Ansteuern von Antriebsmitteln (**12**) zum Antreiben und Lenken eines Roboterfahrzeugs (**1**) auf einem Arbeitsbereich (**3**), dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsmittel (**12**) in Abhän-

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

gigkeit von Abstandsinformationen zu einer Grenzlinie und/oder einer Grenzfläche (**4**) angesteuert werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200

Anhängende Zeichnungen

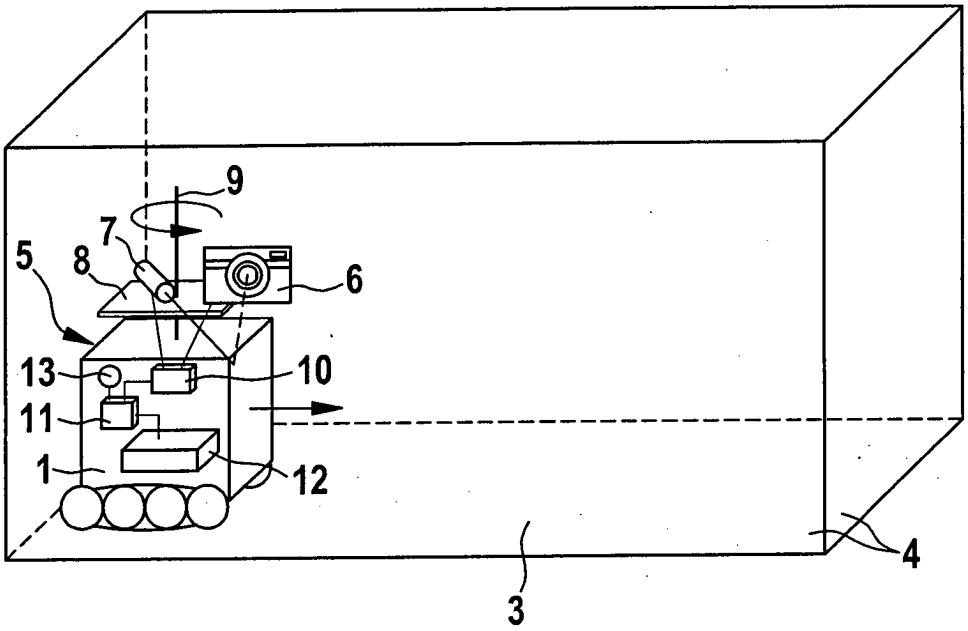


Fig. 1

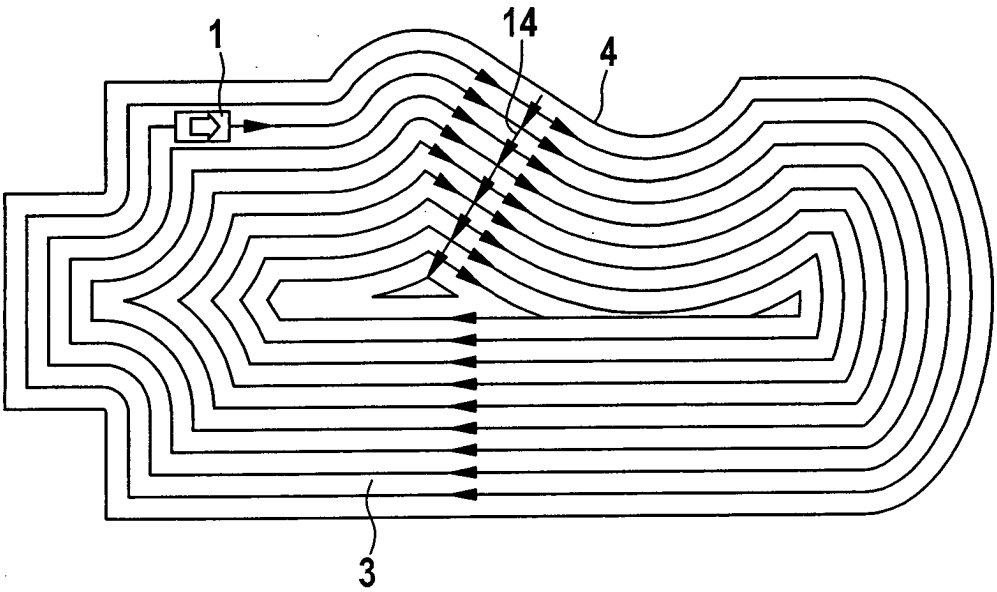


Fig. 2

Beatbot, Ex. 1006
Beatbot v. Zodiac, IPR2026-00200