

Unterwasserreinigungsroboter

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Unterwas-
5 serreinigungsroboter sowie auf ein Verfahren zu seiner Steu-
erung.

Unterwasserreinigungsroboter werden verwendet, um Schwimmbe-
cken mehr oder weniger automatisch zu reinigen. Generell
wird dabei ein Reinigungsroboter auf einem speziellen Wagen
10 an den Beckenrand geschoben, von wo aus er in das Wasser
hinabgelassen wird. Der Roboter taucht dann automatisch und
selbständig ab und fährt systematisch den Beckenboden ab,
teilweise auch die Beckenwände. Dabei zieht er ein Kabel
hinter sich her für die Stromzufuhr und für die Annahme von
15 Befehlen, welche er durch Personal von ausserhalb des Be-
ckens erhält. Ferner wird eine Software verwendet, die ver-
hindert, dass der Roboter sich in den eigenen Kabeln verhed-
dert oder um Wasserinseln herumfährt und sich dabei selber
blockiert. Am Schluss der Reinigung taucht der Roboter an
20 dem Ort, an dem er in das Wasser gelassen wurde, selbständig
wieder auf oder das Auftauchen wird aktiviert, wonach der
Roboter meist manuell aus dem Wasser gezogen wird. Von dort
aus wird er wieder auf den Zustellwagen geladen und wegge-
fahren. Anschliessend werden dann die Wasserfilter gerei-
25 nigt.

In der Regel läuft der ganze Vorgang völlig automatisch ab,
so dass das Personal den Roboter nur zum Wasser bringt und
ins Wasser lässt und umgekehrt wieder aus dem Wasser zieht
und auf den Zustellwagen lädt und dass nach dem Reinigungs-
30 vorgang die Filter gereinigt werden müssen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen verbesserten Unterwasserreinigungsroboter und ein verbessertes Verfahren zu seiner Steuerung bereitzustellen, bei dem durch ein hinterhergezogenes Kabel möglicherweise auftretende Probleme wie das oben beschriebene Verheddern oder Blockieren vermieden werden können.

Die Aufgabe wird gelöst durch einen Unterwasserreinigungsroboter gemäss Anspruch 1, ein System gemäss Anspruch 5 beziehungsweise ein Verfahren gemäss Anspruch 8. Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben. Dabei können die Verfahren auch durch die untenstehenden bzw. in den Unteransprüchen ausgeführten Merkmalen der Vorrichtungen weitergebildet sein oder umgekehrt bzw. die Merkmale der Verfahren und/oder der Vorrichtungen können auch jeweils untereinander zur Weiterbildung genutzt werden.

Ein erfindungsgemässer Unterwasserreinigungsroboter enthält eine Fortbewegungseinrichtung zum Fortbewegen des Unterwasserreinigungsroboters unter Wasser, eine Reinigungseinrichtung zum Reinigen eines unter Wasser befindlichen Objekts, eine Steuereinrichtung zum Steuern der Fortbewegungseinrichtung und/oder der Reinigungseinrichtung und eine Kommunikationseinrichtung zum Empfangen von Signalen von ausserhalb des Unterwasserreinigungsroboters. Die bidirektionale Kommunikationseinrichtung enthält einen ersten Ultraschalltransducer zum Empfangen und Senden von unter Wasser übertragenen Ultraschallsignalen und ist dazu ausgebildet, den empfangenen Ultraschallsignalen entsprechende elektrische Signale an die Steuereinrichtung weiterzuleiten und umgekehrt Senden von Ultraschallsignalen von unter Wasser an die Kommunikationseinrichtung ausserhalb des Wasserbeckens.

Durch einen solchen Unterwasserreinigungsröbter können beispielsweise die durch ein hinterhergezogenes Kabel möglicherweise auftretende Probleme wie das oben beschriebene Verheddern oder Blockieren vermieden werden.

- 5 Weitere Merkmale und Zweckmässigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt ein Unterwasserreinigungssystem gemäss einer ersten Ausführungsform in einem Zustand, in dem ein
10 Unterwasserreinigungsröbter auf einem Wagen an einem Beckenrand eines Wasserbeckens angeordnet ist.

Fig. 2 zeigt das Unterwasserreinigungssystem gemäss der ersten Ausführungsform in einem Zustand, in dem der Unterwasserreinigungsröbter auf einem Grund des
15 Wasserbeckens angeordnet ist.

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Steuern eines Unterwasserreinigungsröbters in dem Unterwasserreinigungssystem gemäss der ersten Ausführungsform.

- 20 Im Folgenden werden mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Unterwasserreinigungssystem 100 gemäss einer ersten Ausführungsform. Ein Wasserbecken 1 weist einen
25 Grund 2 und eine Seitenwand 3 auf. Das Wasserbecken 1 kann beispielsweise ein gefliestes, foliertes oder betoniertes Schwimmbecken oder ein Chromstahlbecken sein. Ein Beckenrand 4 bildet einen Übergang zwischen der Seitenwand 3 und einem das Becken umgebenden Boden 5. Das Wasserbecken 1 ist so mit

Wasser 6 gefüllt, dass eine Wasseroberfläche 7 knapp unterhalb des Beckenrandes 4 liegt.

In dem in Fig. 1 gezeigten Zustand ist ein Wagen 10, auf den ein Unterwasserreinigungsroboter 20 aufgeladen ist, auf dem
5 Boden 5 nahe dem Beckenrand 4 des Wasserbeckens angeordnet.

Der Wagen 10 ist beispielsweise als Transportkarren ausgebildet. Er enthält neben den zum Halten und Transportieren des Unterwasserreinigungsroboters 20 dienenden Elementen eine Steuereinheit 11 und einen oder mehrere Ladeanschlüsse
10 12 für den Unterwasserreinigungsroboter 20. Als Beispiel zeigt Fig. 1 eine Ladeplatte 12a, auf der der Unterwasserreinigungsroboter 20 aufsitzt und die in diesem Zustand Kontakt mit einem korrespondierenden Ladekontakt 22a des Unterwasserreinigungsroboters 20 hat, sowie einen Ladestecker
15 12b, der mit einer korrespondierenden Ladebuchse 22b des Unterwasserreinigungsroboters 20 verbindbar ist.

Die Bedienung der Steuereinheit kann an dieser selber erfolgen oder über eine Fernsteuereinheit 15. Die Steuereinheit 11 enthält ein Modem 13 oder ist mit einem Modem 13 verbunden.
20 den.

Der Unterwasserreinigungsroboter 20 enthält eine Batterie 21, die zum Abgeben elektrischer Energie ausgebildet ist. Die Batterie 21 ist beispielsweise als wiederaufladbarer Akkumulator ausgebildet. Sie ist mit einem oder mehreren Ladeanschlüssen, beispielsweise dem Ladekontakt 22a und/oder der
25 Ladebuchse 22b, verbunden und kann über diese aufgeladen werden.

Ferner enthält der Unterwasserreinigungsroboter 20 eine Fortbewegungseinrichtung 23, die zum Fortbewegen des Unterwasserreinigungsroboters 20 unter Wasser ausgebildet ist,
30 und eine Reinigungseinrichtung 24 zum Reinigen eines unter

Wasser befindlichen Objekts, beispielsweise des Grundes 2 und der Seitenwand 3 des Wasserbeckens 1. Die Fortbewegungseinrichtung 23 und die Reinigungseinrichtung 24 werden von der Batterie 21 mit Energie versorgt.

- 5 Schematisch sind in Fig. 1 die Fortbewegungseinrichtung 23 durch Räder, Raupen oder Walzen und die Reinigungseinrichtung 24 durch Bürstenwalzen dargestellt. Möglich sind auch zum Beispiel statische Bürsten, Hochdruck-Vorrichtungen oder Saugvorrichtungen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch
10 nicht darauf eingeschränkt und kann auf Unterwasserreinigungsroboter 20 mit beliebigen Fortbewegungs- und Reinigungseinrichtungen angewendet werden.

- Wie aus Fig. 2 ersichtlich enthält der Unterwasserreinigungsroboter 20 ferner eine Steuereinrichtung 25, die zum
15 Steuern der Fortbewegungseinrichtung 23 und/oder der Reinigungseinrichtung 24 dient. Die Steuereinrichtung 25 enthält ein Modem 26 oder ist mit einem Modem 26 verbunden. Das Modem 26 ist mit einem Ultraschalltransducer 27 verbunden, der an der Aussenseite des Unterwasserreinigungsroboters 20 an-
20 gebracht ist.

Fig. 2 zeigt einen Zustand, in dem der Unterwasserreinigungsroboter 20 auf dem Grund 2 des Wasserbeckens 1 angeordnet ist.

- Im Betrieb wird zunächst die Batterie 21 des Unterwasserreinigungsroboters 20 über die Ladeanschlüsse 22 geladen. Dann
25 wird der Unterwasserreinigungsroboter 20 mittels des Wagens 10 auf dem Boden 5 bis an den Beckenrand 4 des Wasserbeckens gefahren. Anschliessend wird der Unterwasserreinigungsroboter 20 auf den Grund 2 des Wasserbeckens 1 hinabgelassen.
30 Der Reinigungsroboter kann auch mit der Funkfernsteuerung ausserhalb des Wassers über eine kurze Strecke ins Wasser navigiert werden.

Ein Ultraschalltransducer 32 wird unterhalb der Wasseroberfläche 7 in dem Wasserbecken 1 angeordnet und über ein Kabel 31 mit dem Modem 13 des Wagens 10 verbunden.

Angetrieben mit der von der Batterie 21 gelieferten elektrischen Energie bewegt sich der Unterwasserreinigungsroboter 20 mittels der Fortbewegungseinrichtung 23 unter Wasser fort. Er fährt beispielsweise den Grund 2 des Wasserbeckens 1 ab und reinigt diesen mittels der Reinigungseinrichtung 24. Die Steuerung des Unterwasserreinigungsroboters 20 erfolgt von der Steuereinheit 10 des Wagens aus über die Steuereinrichtung 25 des Unterwasserreinigungsroboters 20. Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm des Ablaufs dieser Steuerung:

- Der Ablauf startet in Schritt 101.
- In Schritt 102 werden Steuerbefehle und/oder -daten in der Steuereinheit 11 erzeugt.
- In Schritt 103 werden die Steuerbefehle und/oder -daten durch das Modem 13 moduliert und als elektrische Signale über das Kabel 31 zu dem Ultraschalltransducer 32 übertragen.
- In Schritt 104 werden die elektrischen Signale von dem Ultraschalltransducer 32 in Ultraschallsignale umgewandelt und in das Wasser 6 abgestrahlt.
- In Schritt 105 werden die Ultraschallsignale über eine Unterwasserultraschallstrecke 39 übertragen.
- In Schritt 106 werden die Ultraschallsignale von dem Ultraschalltransducer 27 des Unterwasserreinigungsroboters 20 empfangen und in elektrische Signale zurückverwandelt.

- In Schritt 107 werden die elektrischen Signale durch das Modem 13 demoduliert und zu der Steuereinrichtung 25 des Unterwasserreinigungsroboters 20 übertragen.
- 5 • In Schritt 108 führt die Steuereinrichtung 25 des Unterwasserreinigungsroboters 20 eine Steuerung entsprechend der empfangenen elektrischen Signale durch.
- In Schritt 109 wird eine Prüfung durchgeführt, ob der Befehl ausgeführt worden ist und ob der Reinigungsvorgang beendet ist.
- 10 • Wenn der Reinigungsvorgang beendet ist (y=yes), wird in Schritt 110 der Ablauf der Steuerung beendet, ansonsten (n=no) springt der Ablauf zu Schritt 102 zurück.

Der Ablauf der Steuerung ist so konzipiert, dass der Unterwasserreinigungsroboter 20 am Ende wieder zu der Stelle zurückgekehrt ist, an der er in das Wasser hinabgelassen wurde. Dort taucht er wieder auf, wird auf den Wagen 10 geladen und weggefahren. Anschliessend werden erforderliche Unterhalts- und allenfalls Wartungsarbeiten ausgeführt, beispielsweise das Reinigen der Wasserfilter und das Wiederaufladen der Batterie.

Die Kommunikation zwischen der Steuereinheit 11 am Beckenrand 4 und dem Unterwasserreinigungsroboter 20 im Wasserbecken 1 wird vorzugsweise über Ultraschallsignale in einem Frequenzband vorzugsweise zwischen 10 kHz und 400 kHz durchgeführt, welches für die Ausbreitung im unterschiedlich behandelten Wasser geeignet ist, in weiter bevorzugter Weise von ca. 40 bis 55 kHz durchgeführt, in weiterer bevorzugten Weise bei ca. 50 kHz.

Damit konnte bei Versuchen in unterschiedlichen Schwimmbecken eine maximale Kommunikationsdistanz von 60 bis 80 m

ohne Sichtverbindung erzielt werden bzw. von mehr als 100 m mit Sichtverbindung. Die erreichbare Distanz hängt dabei hauptsächlich von der Beckenform, den Beckenmaterialien und der Wasserzusammensetzung ab.

- 5 Durch die Modulation in dem Modem 13 werden die von der Steuereinheit 11 erzeugten Steuerbefehle und/oder -daten in eine zur Übertragung geeignete Form gebracht. Als Modulation für die zu übertragenden Daten und Befehle kann beispielsweise eine Multiton-Modulation , welches auch als orthogonales Frequenzmultiplexverfahren (OFDM) bezeichnet wird, mit
10 beispielsweise 50 Tönen im Abstand von ca. 100 Hz gewählt werden, wobei jeder Einzelton mit einer Standard-Modulation wie beispielsweise Frequenzumtastung (FSK) mit einem Hub von ca. 25 Hz moduliert werden kann.
- 15 Diese Art von Kombination von Modulationen ist für eine robuste Kommunikation mit langem Nachhall und Doppler-Frequenzverschiebungen bis 25 Hz ausgelegt. In einem Chromstahlbad gibt es beispielsweise einen Nachhall von einigen 100 ms, und der genannte Bereich für Doppler-Frequenz-
20 verschiebungen berücksichtigte reale Wasserströmungen, beispielsweise in der Nähe von Wasserdüsen, und gängige Robotergeschwindigkeiten bei der Unterwasserreinigung.

- Die Kommunikation kann beispielsweise halb-duplex mit wechselseitiger Datenübermittlung in 2 getrennten Frequenzbändern von je 5 kHz Bandbreite erfolgen oder simplex mit wechselseitiger Datenübermittlung in einem einzigen Frequenzband von 10 kHz.
- 25

- Bei der Übertragung werden kleine Datenpakete, beispielsweise mit ca. 30 Info-Bits, zur Steuerung und Überwachung
30 der Roboter ausgetauscht. Die Latenzzeit der Datenpakete ist dabei deutlich kleiner als 1s.

Ein Datenpaket besteht beispielsweise aus einem 50-Bit-Multiton von 100 bis 200 ms Dauer und kann mit Hilfe der Schnellen Fouriertransformation (FFT) effizient demoduliert werden. Die 30 Infobits in einem Datenpaket können mit Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC) beispielsweise mit Hilfe von Bose-Chaudhuri-Hocquenghem-Codes (BCH-Codes) mit ca. 20 zusätzlichen Bits gegen Übertragungsfehler geschützt werden. Zusätzlich kann eine zyklische Redundanzprüfung (CRC) zur Detektion nicht erkannter Übertragungsfehler vorgesehen sein.

Nach der Aussendung eines Datenpakets muss eine Wartezeit (guard time) von ca. 200 ms bzw. das Abklingen des Nachhalls abgewartet werden, bis wieder ein Datenpaket in dem gleichen Halbband ausgesendet werden kann.

Durch das Ausrüsten des Unterwasserreinigungsroboters mit einer Batterie als Energiequelle und die drahtlose Kommunikation über Ultraschallsignale können bei diesem Unterwasserreinigungssystem die durch ein hinterhergezogenes Kabel möglicherweise auftretende Probleme wie das oben beschriebene Verheddern oder Blockieren vermieden werden. Der Unterwasserreinigungsroboter erhält eine maximale Bewegungsfreiheit, wodurch eine automatische flächendeckende Reinigung eines Wasserbeckens auch bei schwierigen Beckenformen mit Einbauten und Inseln ermöglicht wird.

Dabei hat sich die drahtlose Unterwasserkommunikation mit Ultraschall als besonders vorteilhaft erwiesen. In ähnlicher Form wie oben für die Übertragung von der Steuereinheit zu dem Unterwasserreinigungsroboter beschrieben kann auch eine Übertragung in umgekehrter Richtung erfolgen.

Generell können als Ultraschalltransducer Single-Beam- oder Multi-Beam-Transducer verwendet werden. Durch Multi-Beam-Transducer kann der Abstrahlwinkel vergrößert sein bis hin zu einem omni-direktionalen Transducer, der in alle Richtungen ausstrahlt.

Der Unterwasserreinigungsroboter kann so programmiert sein, dass er, wenn der Empfang zu schwach wird oder ausfällt, wendet und dahin zurückfährt, wo er vorher besseren Empfang hatte. Er kann auch so programmiert sein, dass er bei Abbruch der Kommunikation (beispielsweise durch Spannungsausfall der Steuereinheit) stoppt und wartet, bis wieder ein Signal zur Verfügung steht. Ferner kann er auch so programmiert sein, dass er nach Abschluss der Reinigung selbsttätig in die Ausgangsposition zurück fährt. Ferner kann er auch so programmiert sein, dass in dem Fall, in dem die Restkapazität der Batterie einen vorbestimmten Wert unterschreitet, selbsttätig in die Ausgangsposition zurück fährt.

Die Ultraschallsignale können auch für Abstandsmessungen und zur Unterstützung der Navigation des Unterwasserreinigungsroboters in dem Wasserbecken verwendet werden. So kann der Unterwasserreinigungsroboter beispielsweise aus den gesendeten und empfangenen Ultraschallsignalen einen Abstand zur Seitenwand des Wasserbeckens ermitteln und in Wandnähe automatisch wenden. Er kann beispielsweise auch durch Mehrfachmessungen erkennen, ob die Seitenwand gerade ist und sich danach ausrichten, oder ob sie eine beliebige Freiform hat.

Ferner können Ultraschalltransducer auch zum Erfassen von Daten verwendet werden, die Wasser- und Pool-Qualität betreffen. Dadurch können beispielsweise auch bestimmte Referenzdaten vor und nach der Reinigung ermittelt und vergli-

chen werden. Es können beispielsweise durch einen Teachvorgang unter definierter Bedingung (sauberes Becken und Wasser) Referenzdaten gewonnen werden und bei einer Abweichung entsprechende Meldungen ausgegeben und/oder Maßnahmen eingeleitet werden.

Für das Auftauchen des Unterwasserreinigungsroboters kann beispielsweise Luft von oberhalb der Wasseroberfläche angesogen und in eine Auftauchglocke gepumpt werden. Das kann beispielsweise mittels einer Luftpumpe über einen Schlauch erfolgen, dessen freies Ende von einer Boje oberhalb der Wasseroberfläche gehalten wird. Alternativ kann mit einer Luft-Expansions-Patrone oder ähnlichem im Roboter komprimierte Luft in die Auftauchglocke freigegeben werden.

Für das Abtauchen kann die Luft in der Auftauchglocke beispielsweise durch eine zur Reinigung dienende Saugpumpe des Unterwasserreinigungsroboters entlüftet werden. Dadurch kann der Unterwasserreinigungsroboter zunächst in einen definierten Schwebezustand an der Wasseroberfläche gebracht werden und anschliessend schonend auf den Grund abgesenkt werden.

Patentansprüche

1. Unterwasserreinigungsroboter (20) mit
einer Fortbewegungseinrichtung (23) zum Fortbewegen
des Unterwasserreinigungsroboters (20) unter Wasser,
einer Reinigungseinrichtung (24) zum Reinigen eines
unter Wasser befindlichen Objekts (2, 3),
einer Steuereinrichtung (25) zum Steuern der Fortbewe-
gungseinrichtung (23) und/oder der Reinigungseinrich-
tung (24) und
einer Kommunikationseinrichtung (26, 27) zum Empfangen
und/oder Senden von Signalen von ausserhalb des Unter-
wasserreinigungsroboters (20), und umgekehrt.
wobei die Kommunikationseinrichtung einen ersten Ult-
raschalltransducer (27) zum Empfangen von unter Wasser
übertragenen Ultraschallsignalen enthält und
wobei die Kommunikationseinrichtung dazu ausgebildet
ist, den empfangenen Ultraschallsignalen (39) entspre-
chende elektrische Signale an die Steuereinrichtung
(25) weiterzuleiten.
2. Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss Anspruch 1,
der weiter ein erstes Modem (26) enthält zum Demodu-
lieren der den empfangenen Ultraschallsignalen (39)
entsprechenden elektrische Signale und zum Weiterlei-
ten der demodulierten Signale an die Steuereinrichtung
(25).
3. Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss Anspruch 1 o-
der 2, bei dem die Kommunikationseinrichtung (26, 27)

dazu ausgebildet ist, den empfangenen Ultraschallsignalen entsprechende Ultraschallsignale wieder über den ersten Ultraschalltransducer (27) abzustrahlen.

4. Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, der weiter eine Batterie (21) enthält zum Versorgen der Fortbewegungseinrichtung (23) und/oder der Reinigungseinrichtung (24) mit elektrischer Energie,

wobei die Batterie (21) vorzugsweise wiederaufladbar ausgebildet ist und

der Unterwasserreinigungsroboter (20) vorzugsweise weiter externe Anschlüsse (22a, 22b) enthält, die mit der Batterie (21) verbunden sind, zum Wiederaufladen der Batterie (21) mit von aussen zugeführter elektrischer Energie.

5. System (100) zur Unterwasserreinigung, enthaltend einen Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, eine Steuereinheit (11) zum Steuern des Unterwasserreinigungsroboters (20), einen zweiten Ultraschalltransducer (32), der mit der Steuereinheit (11) verbunden ist, zum Umwandeln von durch die Steuereinheit ausgegebenen Signalen in Ultraschallsignale und zum Abstrahlen der Ultraschallsignale unter Wasser.

6. System gemäss Anspruch 5, das weiter ein Modem (13) enthält, das in der Steuereinheit (11) enthalten oder mit ihr verbunden ist, zum Modulieren der durch die

Steuereinheit ausgegebenen Signale und zum Weiterleiten der modulierten Signale zu dem zweiten Ultraschalltransducer (32).

- 5 7. System gemäss einem der Anspruch 5 oder 6, das zwei oder mehr Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4 enthält.
8. Verfahren zum Steuern eines unter einer Wasseroberfläche (7) arbeitenden Unterwasserreinigungsroboters vorzugsweise eines Unterwasserreinigungsroboter (20) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4. mit den Schritten:
- 10 Umwandeln (104) von elektrischen Signalen zum Steuern des Unterwasserreinigungsroboters (20) in Ultraschallsignale mittels eines unter der Wasseroberfläche (7) angebrachten zweiten Ultraschalltransducers (32),
- 15 Übertragen (105) der Ultraschallsignale über eine Unterwasserultraschallstrecke (39) zu dem Unterwasserreinigungsroboter (20),
- 20 Empfangen (106) der übertragenen Ultraschallsignale und Umwandeln der empfangenen Ultraschallsignale in elektrische Signale zum Steuern des Unterwasserreinigungsroboters (20) mittels eines an dem Unterwasserreinigungsroboter (20) angebrachten ersten Ultraschalltransducers (27).
9. Verfahren gemäss Anspruch 8, bei dem
- 25 die elektrischen Signalen zum Steuern des Unterwasserreinigungsroboters (20) vor dem Umwandeln in Ultraschallsignale mittels eines zweiten Modems (13) moduliert (103) werden und

die von dem ersten Ultraschalltransducer (27) ausgegebenen elektrischen Signale mittels eines ersten Modems (26) demoduliert (107) werden.

10. Verfahren gemäss Anspruch 9, bei dem zur Modulation
5 eine Multitonen-Modulation verwendet wird, vorzugsweise mit 50 Tönen im Abstand von ca. 100 Hz,
wobei vorzugsweise jeder Einzelton mit einer Frequenzumtastung (FSK) moduliert wird, in weiter bevorzugter Weise mit einem Hub von ca. 25 Hz.
- 10 11. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem zur Übertragung Datenpakete mit einer vorbestimmten Anzahl von Bits ausgesendet werden,
wobei vorzugsweise zwischen dem Aussenden aufeinanderfolgender Datenpakete eine vorbestimmte Wartezeit eingehalten wird zum Ausgleich von Reflektionen der Ultraschallsignale.
15
12. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem eine Datenübertragung sowohl von der Steuereinheit (11) aus zu dem Unterwasserreinigungsroboter (20) als
20 auch von dem Unterwasserreinigungsroboter (20) aus zu der Steuereinheit (11) erfolgt.
13. Verfahren gemäss Anspruch 12, bei dem
die Datenübertragung halb-duplex in zwei getrennten Frequenzbändern einer vorbestimmten Bandbreite erfolgt
25 oder
die Datenübertragung simplex in einem Frequenzband einer vorbestimmten Bandbreite erfolgt.

14. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 8 bis 13, bei dem
der Unterwasserreinigungsroboter (20), wenn der Empfang der Ultraschallsignale zu schwach wird oder ausfällt, wendet und dahin zurückfährt, wo er vorher besseren Empfang hatte, und/oder
5 der Unterwasserreinigungsroboter (20), wenn der Empfang der Ultraschallsignale ausfällt, stoppt und wartet, bis wieder Ultraschallsignale empfangen werden, und/oder
- 10 der Unterwasserreinigungsroboter (20), wenn die Restkapazität der Batterie einen vorbestimmten Wert unterschreitet, selbsttätig in die Ausgangsposition zurückfährt, und/oder
- 15 der Unterwasserreinigungsroboter (20) nach Abschluss der Reinigung selbsttätig in die Ausgangsposition zurück fährt.
15. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 8 bis 14, bei dem
die Ultraschallsignale für Abstandsmessungen und zur Unterstützung der Navigation des Unterwasserreinigungsroboters (20) in dem Wasserbecken (1) verwendet werden und/oder
20 die Ultraschalltransducer zum Erfassen von Daten verwendet werden, die Wasser- und Pool-Qualität betreffen.
- 25 16. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 8 bis 15, bei dem
für das Auftauchen des Unterwasserreinigungsroboters (20) Luft von oberhalb der Wasseroberfläche angesogen und in eine Auftauchglocke gepumpt wird und/oder

- für das Auftauchen des Unterwasserreinigungsroboters (20) mit einer Luft-Expansions-Patrone komprimierte Luft in die Auftauchglocke freigegeben wird und/oder
- 5 für das Abtauchen des Unterwasserreinigungsroboters (20) die Luft in der Auftauchglocke durch eine Saugpumpe abgesaugt wird.