



## Inhalt

Mobile Roboter üben mit einem autonom wirkenden Verhaltensschema seit jeher eine große Faszination aus. Dabei stellt die Entwicklung der dafür nötigen Soft- und Hardware eine interdisziplinäre Herausforderung dar, die zudem von einer rasanten technischen Entwicklung begleitet ist. Gegenwärtig finden mobile Roboter ihre Anwendung im Bereich fahrerloser Transportsysteme, zu Überwachungszwecken sowie in Form einer Vielzahl von Reinigungs- und Servicefunktionen.

Mit diesem Seminar sollen einzelne Teilaspekte der mobilen Robotik hinterfragt werden, um ein Verständnis für grundlegende Prinzipien und Fragestellungen zu erarbeiten. Daneben zielt die Veranstaltung auf die Aneignung der Methoden zur Informationsrecherche, -aufarbeitung sowie deren mündlicher wie schriftlicher Präsentation.

### 1. Mechanischer Aufbau

#### a) Fortbewegungsmechanismen in verschiedenen Umgebungen

Hinsichtlich der Einsatzumgebung, der Fortbewegungsmechanismen und des Antriebskonzeptes lässt sich die mobile Robotik in verschiedene Untergruppen strukturieren. Entwerfen Sie dazu eine geeignete Gliederung und beschreiben Sie anhand von Beispielen grundsätzliche Ansätze, Vor- und Nachteile.

Jones, Joseph L./Flynn, Anita M. Mobile Roboter - von der Idee zur Implementierung. 1. Auflage. Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1996, ISBN 3893198555 (Gb.) Borenstein, Johann et al. Mobile robot navigation in narrow aisles with ultrasonic sensors. In ANS (Hrsg.) 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems. Monterey, February 5-10, 1995. 1995 Seite 19 ff

#### b) Kinematik der Roboterbewegung

Die Mathematische Beschreibung der Bewegung eines Roboters dient der Abbildung seiner Position und Orientierung bezüglich der Umgebung zumeist basierend auf den Werten der Odometriegeber. Zudem können darauf aufbauend Aussagen zur Beweglichkeit des Roboters abgeleitet werden. In einem weiteren Schritt kann dann ein dynamisches Modell für den Roboter entwickelt werden. Erarbeiten Sie einen Überblick der kinematischen Modelle verschiedener Systeme und Aufbauarten. Beschreiben Sie die „Beweglichkeit“ verschiedener Systeme anhand von Formeln.

Siegwart, Roland/Nourbakhsh, Illah Reza Introduction to autonomous mobile robots. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2004, Intelligent robotics and autonomous agents, ISBN 026219502X (hc) Seite 47 ff Borenstein, Johann et al. Mobile robot navigation in narrow aisles with ultrasonic sensors. In ANS (Hrsg.) 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems. Monterey, February 5-10, 1995. 1995 Seite 130 ff

## 2. Sensorik

- a) Techniken zur Umgebungserfassung mit Ultraschallsensoren  
Für die Nahbereichserfassung setzen viele autonome Roboter auf Ultraschallsysteme. Beschreiben Sie die Verfahren und Einsatzmöglichkeiten von Ultraschall sowie die physikalischen Parameter im Hinblick auf ein Anwendungsbeispiel.  
Bank, Dirk A Novel Ultrasonic Sensing System for Autonomous Mobile Systems. Ulm, ...  
Tränkler, Hans-Rolf Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft ; mit 1067 Abbildungen und 122 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer, 1998, ISBN 3540586407 ((Gb.))
- b) Erfassung von Gaskonzentrationen mit AMRs  
Lilienthal, Achim et al. Detektion und Lokalisierung einer Geruchsquelle mit einem autonomen mobilen Roboter. ...  
Lilienthal, Achim/Duckett, Tom Building Gas Concentration Gridmaps with a Mobile Robot. 2004
- c) Analyse von Laserscannerinformationen  
Mit Laserscannern können einfach strukturierte Umgebungen mit grosser Präzision und Reproduzierbarkeit erfasst werden. Die Aufbereitung dieser Daten erfolgt in mehreren Schritten von einer Plausibilitätsprüfung, ggf. einer Datenreduktion, der Transformation in einen gemeinsamen Zeit- und Raumbezug über die Interpretation und Merkmalsextraktion hin zur Fusion mit dem bestehenden Umgebungsmodell.  
Gutmann, Jens-Steffen Robuste Navigation autonomer mobiler Systeme. Dissertation, Universität Freiburg, Freiburg, 2000 Seiten 21-52
- d) Möglichkeiten und Grenzen von GPS Systemen  
Navigationssysteme bauen heute zu großen Teilen auf satellitengestützten Signalen auf. Welche Möglichkeiten ergeben sich aus diesem Prinzip für die mobile Robotik. Geben Sie einen Überblick über die Funktionsprinzipien, Spezifizierung und Entwicklungstendenzen.  
Ljubenova, Martina Technologien zur Positionsbestimmung für Mobile Navigationssysteme. 2005  
Aono, Toshihiro et al. Positioning of vehicle on undulation ground using GPS and dead reckoning. In IEEE International Conference on Robotics & Automation. Leuven, 1998

Mondada, Francesco/Gambardella, Luca Maria The Cooperation of Swarm-Bots. IEEE Robotics & Automation Magazine, June 2005 2005

### 3. Softwarearchitekturen

Die den Sensorsystemen zur Umgebungswahrnehmung nachgeordneten Strukturen zur Entscheidungsfindung lassen sich in zwei grundsätzliche Entwürfe - die Weltmodellidee und den verhaltensbasierten Ansatz - unterteilen. Diese existieren in einer Vielzahl von unterschiedlich spezifizierten Ansätzen. Altenburg, Jens/Altenburg, Uwe Mobile Roboter - vom einfachen Experiment zur künstlichen Intelligenz ; mit .. einer CD-ROM. 3. Auflage. München [u.a.]: Hanser, 2002, ISBN 3446219714 (kart.) Seite 61 ff

Rausch, Willi Alexander Interaktion autonomer Roboter - kooperative Navigation autonomer Roboterfahrzeuge unter Einsatz von Funk und Ultraschall. Band 5, Berichte aus der Robotik. Als Ms. gedr Auflage. Aachen: Shaker, 1998, ISBN 3826539168 (Pb.)

### 4. Navigation

Navigation für AMRs wird nach Nehmzow als Kombination der drei Teilbereiche Selbstlokalisierung, Routenplanung, und Kartenerstellung / -interpretation definiert

#### a) Weltmodelle als Basis der Kartenerstellung

Die sichere Navigation in einer (bekannten oder unbekanntenen) Umgebung setzt ein den Anforderungen der Umgebung entsprechendes Weltmodell voraus. Beschreiben Sie die gängigen Ansätze und Vergleichen Sie Vor- und Nachteile.

Weber, Jürgen Globale Selbstlokalisierung für mobile Service Roboter. Dissertation, Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2002, Seite 23-33

Knieriemen, Thomas Autonome mobile Roboter - Sensordateninterpretation und Weltmodellierung zur Navigation in unbekannter Umgebung. Band 80, Reihe Informatik. Mannheim [u.a.]: BI-Wiss.-Verl., 1991, ISBN 3-411-15031-9

#### b) Routenplanungsmechanismen

Die Bestimmung einer Trajektorie von einem Ort zum anderen kann in einer dynamischen Umgebung unter verschiedenen Randbedingungen eine komplexe Aufgaben darstellen. Beschreiben Sie geängige Verfahren unter Berücksichtigung verschiedenster Einsatzumgebungen.

Nehmzow, Ulrich Mobile Robotik - eine praktische Einführung. Berlin [u.a.]: Springer, 2002, Engineering online library, ISBN 3540428585 (brosch.)

Borenstein, Johann Where I am? - Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. Michigan, 1996

Gutmann, Jens-Steffen Robuste Navigation autonomer mobiler Systeme. Dissertation, Universität Freiburg, Freiburg, 2000 Seite 120-135

c) Selbstlokalisierung

Die Abbildung der Roboterposition in einem globalen Modell ist durch die Streuung und die Auflösung der Sensoren bedingt mit Ungenauigkeiten belastet. Aus dem selben Grund ist aber auch das Kartenmodell durch Unsicherheiten eingeschränkt. Folglich müssen Mechanismen entwickelt werden, um diese Schwankungen so weit wie Möglich auszugleichen.

Siegwart, Roland/Nourbakhsh, Illah Reza Introduction to autonomous mobile robots. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2004, Intelligent robotics and autonomous agents, ISBN 026219502X (hc) Seite 47 ff

Nehmzow, Ulrich Mobile Robotik - eine praktische Einführung. Berlin [u.a.]: Springer, 2002, Engineering online library, ISBN 3540428585 (brosch.)

Borenstein, Johann Where I am? - Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. Michigan, 1996

Gutmann, Jens-Steffen Robuste Navigation autonomer mobiler Systeme. Dissertation, Universität Freiburg, Freiburg, 2000 Seite 120-135

5. Anwendungen

a) Mobile Roboter zur Inspektion von Kanalleitungen

Die Untersuchung von unterirdischen Ver- und Entsorgungsanlagen war schon früh eine Zielrichtung der angewandten Robotik. Problematisch ist in diesem Gebiet die Erfassung des Zustandes und der möglichen Beschädigungen der Umgebung.

Fassen Sie die benannte Arbeit zusammen und gehen Sie dabei insbesondere auf die Sensorik und die nachgeordnete Datenverarbeitung des „Kanal“-Roboters ein.

Frey, Christian W. Neuro-Fuzzy-basierte Sensorfusion zur qualifizierten Schadensdiagnose an Abwasserkanälen. tm - Technisches Messen, 2003, Nr. 70

b) Indoornavigationssysteme mit aktiven/passiven Landmarken

Für die Navigation in geschlossenen Räumen wurden unterschiedliche Lokalisationsmethoden entwickelt, die entweder auf zusätzlichen Transmitter/Receiver-Netze basieren oder aus der bestehende Umgebung prädestinierte Strukturen extrahiert und damit seine Position bestimmt. Beide Ansätze gehen von einem geschlossenen Weltmodell aus.

Priyantha, Nissanka B./Chakraborty, Anit/Balakrishnan, Hari The Cricket Location-Support System. Cambridge, 2000

Owen, Carl/Nehmzow, Ulrich Landmark-Based Navigation for a Mobile Robot. Manchester, ...

Seyffer, Matthias Lokalisation in Gebäuden mit intelligenten Sensoren. Dissertation, Universität Ulm, Ulm, 2004,

c) Interaktion von Sensornetzwerken mit Autonomen Robotern

Mei, Yongguo et al. Repairing Sensor Network Using Mobile Robots. West Lafayette, ...

## 6. Simulation von AMR

Für die Untersuchung des Verhaltens von mobilen Robotern können Simulatoren wertvolle Dienste leisten. Welche Zielstellungen und Problemfelder können damit bearbeitet werden? Zeigen Sie anhand von zwei Beispielen Möglichkeiten und Grenzen auf.

Michel, Oliver Entwicklung einer Softwarelösung für die Simulation autonomer Roboter in einer 3-dimensionalen virtuellen Umgebung. Dissertation, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden, 2000, [URL: www.informatik.htw-dresden.de/~iwe/Belege/Diplomarbeiten/](http://www.informatik.htw-dresden.de/~iwe/Belege/Diplomarbeiten/)

Koestler, Andreas/Bräunl, Thomas Mobile Robot Simulation with Realistic Error Models. In ICARA (Hrsg.) International Conference on Autonomous Robots and Agents 2004. 2004

Michel, Oliver Webots™: Professional Mobile Robot Simulation. Volume 1 Number 1, 2004

Nehmzow, Ulrich Mobile Robotik - eine praktische Einführung. Berlin [u.a.]: Springer, 2002, Engineering online library, ISBN 3540428585 (brosch.)

## 7. Schwarmrobotik

Castano, Andres/Behar, Alberto The Conro Modules for Reconfigurable Robots. IEEE Transactions on Mechatronics, 2002

Mondada, Francesco/Gambardella, Luca Maria The Cooperation of Swarm-Bots. IEEE Robotics & Automation Magazine, June 2005 2005

Sahin, Erol Swarm Robotics: From sources of inspiration to domains of application. In SAB Swarm Robotics Workshop. 2004

## Literatur

- Altenburg, Jens/Altenburg, Uwe:** Mobile Roboter - vom einfachen Experiment zur künstlichen Intelligenz ; mit .. einer CD-ROM. 3. Auflage. München [u.a.]: Hanser, 2002, 280, ISBN 3446219714 (kart.)
- Aono, Toshihiro et al.:** Positioning of vehicle on undulation ground using GPS and dead reckoning. In IEEE International Conference on Robotics & Automation. Leuven, 1998
- Bank, Dirk:** A Novel Ultrasonic Sensing System for Autonomous Mobile Systems. Ulm, ...
- Borenstein, Johann:** Where I am? - Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. Michigan, 1996
- Borenstein, Johann et al.:** Mobile robot navigation in narrow aisles with ultrasonic sensors. In **ANS (Hrsg.):** 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems. Monterey, February 5-10, 1995. 1995
- Castano, Andres/Behar, Alberto:** The Conro Modules for Reconfigurable Robots. IEEE Transactions on Mechatronics, 2002, 7
- Frey, Christian W.:** Neuro-Fuzzy-basierte Sensorfusion zur qualifizierten Schadensdiagnose an Abwasserkanälen. tm - Technisches Messen, 2003, Nr. 70, 386–397
- Gutmann, Jens-Steffen:** Robuste Navigation autonomer mobiler Systeme. Dissertation, Universität Freiburg, Freiburg, 2000
- Jones, Joseph L./Flynn, Anita M.:** Mobile Roboter - von der Idee zur Implementierung. 1. Auflage. Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1996, XVII, 400, ISBN 3893198555 (Gb.)
- Knieriemen, Thomas:** Autonome mobile Roboter - Sensordateninterpretation und Weltmodellierung zur Navigation in unbekannter Umgebung. Band 80, Reihe Informatik. Mannheim [u.a.]: BI-Wiss.-Verl., 1991, 258 S. : graph. Darst., ISBN 3-411-15031-9
- Koestler, Andreas/Bräunl, Thomas:** Mobile Robot Simulation with Realistic Error Models. In **ICARA (Hrsg.):** International Conference on Autonomous Robots and Agents 2004. 2004, 6
- Lilienthal, Achim/Duckett, Tom:** Building Gas Concentration Gridmaps with a Mobile Robot. 2004
- Lilienthal, Achim et al.:** Detektion und Lokalisierung einer Geruchsquelle mit einem autonomen mobilen Roboter. ...

- Ljubenova, Martina:** Technologien zur Positionsbestimmung für Mobile Navigationssysteme. 2005
- Mei, Yongguo et al.:** Repairing Sensor Network Using Mobile Robots. West Lafayette, ...
- Michel, Oliver:** Entwicklung einer Softwarelösung für die Simulation autonomer Roboter in einer 3-dimensionalen virtuellen Umgebung. Dissertation, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden, 2000,, 116 (URL: [www.informatik.htw-dresden.de/~iwe/Belege/Diplomarbeiten/](http://www.informatik.htw-dresden.de/~iwe/Belege/Diplomarbeiten/))
- Michel, Oliver:** WebotsTM: Professional Mobile Robot Simulation. Volume 1 Number 1, 2004, 4
- Mondada, Francesco/Gambardella, Luca Maria:** The Cooperation of Swarm-Bots. IEEE Robotics & Automation Magazine, June 2005 2005, Seite 21 – 28
- Nehmzow, Ulrich:** Mobile Robotik - eine praktische Einführung. Berlin [u.a.]: Springer, 2002, Engineering online library, XVI, 264, ISBN 3540428585 (brosch.)
- Owen, Carl/Nehmzow, Ulrich:** Landmark-Based Navigation for a Mobile Robot. Manchester, ...
- Priyantha, Nissanka B./Chakraborty, Anit/Balakrishnan, Hari:** The Cricket Location-Support System. Cambridge, 2000
- Rausch, Willi Alexander:** Interaktion autonomer Roboter - kooperative Navigation autonomer Roboterfahrzeuge unter Einsatz von Funk und Ultraschall. Band 5, Berichte aus der Robotik. Als Ms. gedr Auflage. Aachen: Shaker, 1998, 260, ISBN 3826539168 (Pb.)
- Sahin, Erol:** Swarm Robotics: From sources of inspiration to domains of application. In SAB Swarm Robotics Workshop. 2004
- Seyffer, Matthias:** Lokalisation in Gebäuden mit intelligenten Sensoren. Dissertation, Universität Ulm, Ulm, 2004,, 80
- Siegwart, Roland/Nourbakhsh, Illah Reza:** Introduction to autonomous mobile robots. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2004, Intelligent robotics and autonomous agents, IX, 321, ISBN 026219502X (hc)
- Tränkler, Hans-Rolf:** Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft ; mit 1067 Abbildungen und 122 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer, 1998, XXII, 1584, ISBN 3540586407 ((Gb.))
- Weber, Jürgen:** Globale Selbstlokalisierung für mobile Service Roboter. Dissertation, Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2002,, 184