

Kehrbert – Wenn niemand kehrt, kehrt Kehrbert

Jannis Prüfer, Elektro- und Informationstechnik
 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Im Rahmen des LEGO-Praktikums wurde der selbstständige Kehrroboter „Kehrbert“ entwickelt. Ziel des Projekts war es, ein System zu entwerfen, das eigenständig Legosteine vom Boden einsammelt. Der Roboter basiert auf dem LEGO EV3 und wird mithilfe von MATLAB programmiert. Er bewegt sich selbstständig durch einen Raum, erkennt Hindernisse mittels Ultraschallsensor und transportiert eingesammelte Objekte über eine Bürste und ein Förderband in einen Sammelbehälter. Trotz technischer Herausforderungen konnte ein funktionsfähiger Roboter realisiert werden. Die Arbeit zeigt exemplarisch, wie mit begrenzten Mitteln ein autonom agierendes System entwickelt werden kann und welche praktischen Herausforderungen bei der Umsetzung auftreten.

Schlagwörter—Autonomer Roboter, EV3, Hinderniserkennung, MATLAB, Reaktive Steuerung, Robotik

I. EINLEITUNG

LEGOSTEINE stellen häufig unterschätzte Gefahrenquellen im Haushalt dar. Ein einzelner Stein auf dem Boden kann beim Darauftreten starke Schmerzen verursachen. Um diesem alltäglichen Problem technisch zu begegnen, wurde im Rahmen des Projekts der Kehrroboter „Kehrbert“ entwickelt. Ziel war es, ein System zu realisieren, das Legosteine selbstständig aufnimmt und in einem Behälter sammelt, ohne dass manuell eingegriffen werden muss.

Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Zusammenspiel von mechanischer Konstruktion, Sensorik und softwarebasierter Steuerung. Darüber hinaus sollte untersucht werden, inwieweit sich mit einfachen Mitteln ein autonomes Verhalten realisieren lässt und welche Grenzen sich dabei ergeben. Insbesondere stand die Frage im Mittelpunkt, wie effizient ein solches System ohne komplexe Navigationsverfahren arbeiten kann.

Autonome Robotersysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung, sowohl im industriellen Umfeld als auch im privaten Bereich. Bereits einfache Systeme können repetitive Aufgaben übernehmen und so den Menschen entlasten. Das vorliegende Projekt ordnet sich in diesen Kontext ein und dient als praktisches Beispiel für die Umsetzung eines autonomen Systems mit begrenzten Ressourcen.

II. KONZEPT UND REALISIERUNG

Der Roboter wurde auf Grundlage des batteriebetriebenen LEGO EV3 aufgebaut und besteht aus vier Motoren. Zwei Motoren treiben jeweils die linke und rechte Kette an und ermöglichen Vorwärts-, Rückwärts- sowie Drehbewegungen durch unterschiedliche Ansteuerung. Durch diese Differentiallenkung ist es dem System möglich, sich auf der Stelle zu drehen und flexibel auf Hindernisse zu reagieren.

Zusätzlich wird eine Frontbürste durch einen eigenen Motor betrieben. Diese befördert die Legosteine auf ein Förderband,

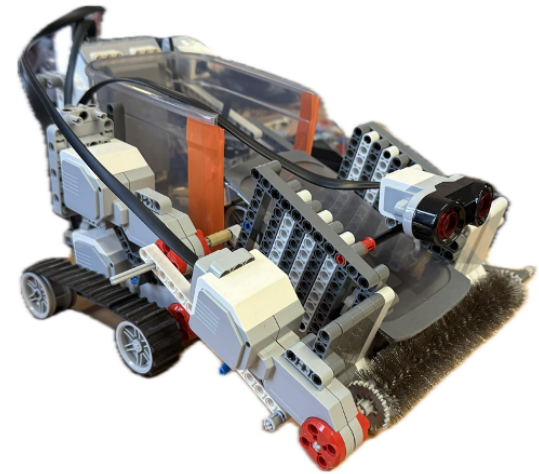


Abbildung 1. Gesamtansicht des Kehrroboters Kehrbert



Abbildung 2. Draufsicht auf den aufgebauten Kehrroboter

welches die Steine anschließend in einen herausnehmbaren Sammelbehälter transportiert. Die Drehgeschwindigkeit der Bürste musste so gewählt werden, dass die Steine zuverlässig erfasst werden, ohne seitlich weggeschleudert zu werden. Durch mehrere Tests wurde ein praktikabler Kompromiss gefunden, der sowohl eine ausreichende Aufnahmeleistung als auch eine stabile Funktion gewährleistet.

Für die Steuerung und Hinderniserkennung kommen zwei Sensoren zum Einsatz. Ein Ultraschallsensor misst kontinuierlich den Abstand zu Hindernissen vor dem Roboter. Unterschreitet der Abstand einen bestimmten Grenzwert, wird automatisch ein Drehmanöver eingeleitet. Ein zusätzlicher

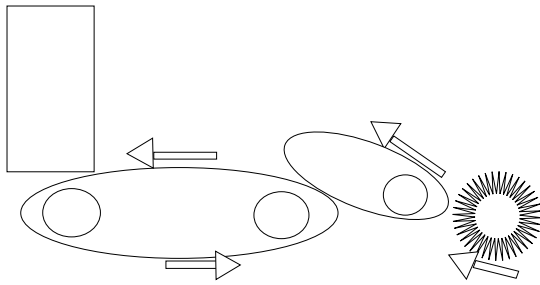


Abbildung 3. Schematische Darstellung der Bürste und des Fördermechanismus

Tastensensor dient als Start- und Stop-Schalter zur Aktivierung beziehungsweise Deaktivierung des Systems.

Die Programmierung erfolgte in MATLAB unter Verwendung der EV3-Bibliothek. Die Steuerung basiert auf einem reaktiven Prinzip. Das bedeutet, dass keine Positionsbestimmung oder Kartierung der Umgebung erfolgt. Stattdessen reagiert der Roboter ausschließlich auf aktuelle Sensordaten. Die Logik folgt dem einfachen Prinzip: Fahren, Messen, Reagieren.

Diese reduzierte Struktur erhöht die Stabilität und vereinfacht die Implementierung erheblich. Gleichzeitig führt sie jedoch dazu, dass keine optimierte Flächenabdeckung erreicht wird und der Roboter bereits gereinigte Bereiche erneut befährt. Der grundsätzliche Programmablaufplan ist in Abbildung dargestellt.

III. VERGLEICH MIT BESTEHENDEN ARBEITEN

Ein ähnliches Projekt wurde bereits im Rahmen eines früheren LEGO-Praktikums durchgeführt [1]. Beide Systeme basieren auf einem reaktiven Steuerungsansatz und weisen somit grundlegende Gemeinsamkeiten auf.

Der Verzicht auf eine Kartierung der Umgebung führt zu einer einfachen Umsetzung, bringt jedoch Einschränkungen hinsichtlich der Effizienz mit sich. Unterschiede zeigen sich vor allem in der mechanischen Umsetzung. Während im Vergleichsprojekt ein einfaches Kehrsystem verwendet wurde, verfügt Kehrbert über ein Förderband, welches die Effizienz erhöht.

Insgesamt kann Kehrbert als Weiterentwicklung betrachtet werden, wobei die grundlegenden Einschränkungen reaktiver Systeme bestehen bleiben.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Während der Entwicklung traten mehrere Herausforderungen auf, die sowohl mechanischer als auch softwaretechnischer Natur waren. Mechanisch wurden Legosteine teilweise seitlich aus dem System geschleudert. Auch beim Ultraschallsensor kam es zu schwankenden Messwerten.

Ein weiterer Aspekt ist die begrenzte Effizienz der reaktiven Steuerung. Der Roboter bewegt sich nicht zielgerichtet, sondern folgt einem zufälligen Bewegungsmuster. Dies führt zu einer ineffizienten Flächenabdeckung.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Systemarchitektur zwar robust, jedoch nur begrenzt skalierbar ist. Eine Erweiterung um Navigationsverfahren könnte hier deutliche Verbesserungen bringen.

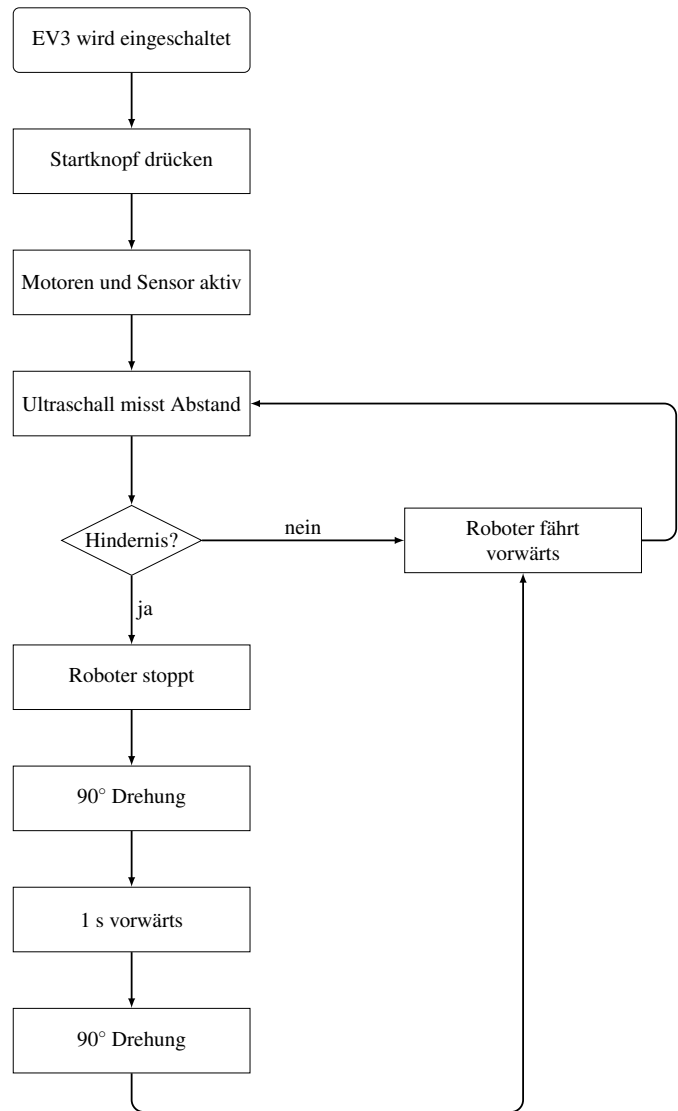


Abbildung 4. Programmablaufplan des Kehrroboters

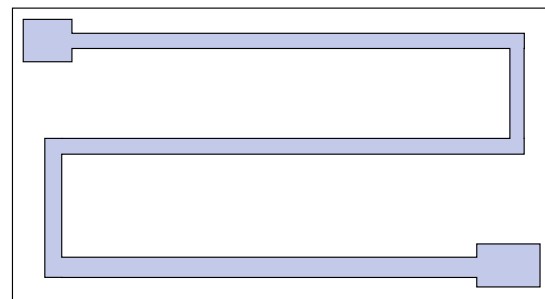


Abbildung 5. Fahrplan im Raum von Kehrbert

Die grundlegenden Anforderungen konnten dennoch erfüllt werden.

V. AUSBLICK UND WEITERFÜHRENDE ÜBERLEGUNGEN

Die im Rahmen dieses Projekts gewonnenen Erkenntnisse bieten zahlreiche Ansatzpunkte für weiterführende Untersuchungen und mögliche Optimierungen. Obwohl das entwickelte

System bereits grundlegende Funktionen eines autonomen Kehrroboters erfüllt, zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass insbesondere im Hinblick auf Effizienz, Robustheit und Skalierbarkeit weiteres Potenzial besteht.

Ein zentraler Aspekt zukünftiger Arbeiten könnte in der Erweiterung der Steuerungslogik liegen. Während im vorliegenden Projekt bewusst auf komplexe Navigationsverfahren verzichtet wurde, eröffnet der Einsatz solcher Methoden neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Flächenabdeckung.

Darüber hinaus stellt auch die Sensorik einen wichtigen Ansatzpunkt für zukünftige Optimierungen dar. Die verwendeten Sensoren erfüllen zwar die grundlegenden Anforderungen, zeigen jedoch Schwächen in Bezug auf Messgenauigkeit und Reaktionsverhalten.

Neben softwareseitigen Anpassungen spielen auch mechanische Weiterentwicklungen eine entscheidende Rolle. Die Konstruktion des Aufnahme- und Transportsystems hat sich grundsätzlich als funktionsfähig erwiesen, lässt jedoch Raum für Verbesserungen.

Ein weiterer Gesichtspunkt betrifft die Übertragbarkeit des Systems auf andere Anwendungsbereiche. Die zugrunde liegenden Prinzipien lassen sich grundsätzlich auch auf andere Szenarien übertragen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Im Rahmen des Projekts wurde ein funktionsfähiger Kehrroboter konstruiert und programmiert. Das Zusammenspiel von Mechanik, Sensorik und Software stellte eine zentrale Herausforderung dar.

Das Projekt verdeutlicht, dass auch mit einfachen Mitteln autonome Systeme realisiert werden können. Gleichzeitig zeigt es die Grenzen reaktiver Steuerungen auf.

Kehrbert stellt somit ein gelungenes Beispiel dar und bietet eine Grundlage für weiterführende Entwicklungen im Bereich autonomer Robotik.

LITERATUR

- [1] T. Schreiber, „Anfertigung eines Kehrroboters mithilfe von Lego Mindstorms und MatLab“, 2018.