

Einparkroboter

Daksh Verma, Mechatronik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—In dem vorliegenden Paper wird der Entwicklungsprozess und die Funktionsweise des LEGO-NXT bis hin zur Fertigstellung eines Einparkroboters behandelt. Dieser ist in der Lage, Parklücken eigenständig mithilfe von Ultraschallsensoren zu erkennen und mithilfe eines Algorithmus rückwärts einzuparken. Es werden sowohl Herausforderungen als auch Erfolge beleuchtet, die zur Entstehung des Endprodukts beigetragen haben. Zum Schluss werden weitere Möglichkeiten zur Verbesserung diskutiert, die die Funktionen des Einparkroboters weiter optimieren könnten.

Schlagwörter—Autonom, Einparken, LEGO Mindstorm, Otto-von-Guericke-Universität, Projektseminar, Ultraschallsensor

I. EINLEITUNG

IM Jahr 2024 hat sich die Robotik und technologische Entwicklung signifikant weiterentwickelt. An der Otto-von-Guericke-Universität wird erneut das LEGO-Mindstorms-Projektseminar angeboten, um den Studierenden Einblicke in die Robotik und das autonome Leben zu vermitteln. Während eines zweiwöchigen Workshops entwickelten 17 Teams eine Vielfalt an Ideen, die sie mit LEGO NXT umsetzten. Alle Teilnehmenden wurden zunächst in die Benutzung von MATLAB eingeführt. Danach erhielt jedes Team ein eigenes LEGO-Mindstorms-Set, ausgestattet mit einer breiten Palette an LEGO-Komponenten wie Motoren, Ultraschallsensoren, Schaltern sowie Farb- und Lichtsensoren. Diese Kits ermöglichten es den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, individuelle LEGO-Roboter zu konstruieren und zu programmieren. In der heutigen Zeit sind Roboter aus dem menschlichen Alltag nicht mehr wegzudenken, ob als Mobiltelefon oder Einparkhilfe – all dies wurde durch den kontinuierlichen technologischen Fortschritt möglich. Darüber hinaus können Roboter menschliche Arbeit deutlich effizienter, präziser und über längere Zeiträume hinweg ausführen, was ihren Einsatz in zahlreichen Branchen begründet. Ein Beispiel hierfür ist die Automobilindustrie, in der Roboter Autos, die mehrere hundert Kilogramm wiegen, autonom bewegen können – eine Aufgabe, die für Menschen unerreichbar ist. Fast der gesamte Herstellungsprozess von Autos ist heutzutage durch den Einsatz verschiedener Roboter automatisiert, eine Vorstellung, die vor einigen Jahrzehnten noch undenkbar war. Zudem bieten viele der neuesten Fahrzeugmodelle zunehmend fortgeschrittenere Assistenzsysteme wie zum Beispiel den Einparkassistenten, der den kompletten Einparkvorgang übernimmt. Die Bezeichnung Assistent trifft in diesem Kontext nicht ganz zu, denn es handelt sich eher um Automatisierung als um Unterstützung. Deshalb wäre die Benennung als Einparkroboter passender.

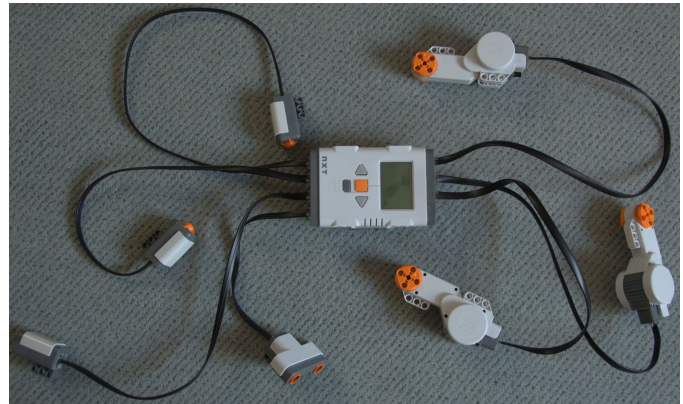


Abbildung 1. LEGO-Mindstorms-NXT-2.0-Stein mit über Kabel angeschlossenen Sensoren [1]

II. VORBETRACHTUNGEN

A. NXT

Der NXT, ein programmierbares Element des LEGO-Mindstorms-Sets, ermöglicht das Bauen und Programmieren eigener Roboter. Hauptsächlich zu Lehrzwecken gedacht, bietet der NXT die Möglichkeit, individuelle Roboter zu erschaffen. Er verfügt über vier Sensoranschlüsse und drei Anschlüsse für Motoren. Die Verbindung kann sowohl über Kabel als auch Bluetooth erfolgen, was Fernsteuerung über weite Strecken erlaubt. Der NXT macht verschiedene Aktionen und Reaktionen möglich; so kann beispielsweise das Drücken eines Knopfes ein akustisches Signal auslösen oder einen Motor in Bewegung setzen.

B. Ultraschallsensor

Das Prinzip der Ultraschallsensoren ist immer gleich (siehe Abbildung 1 unten mitte-links):

- 1) Schallwellenerzeugung: Der Ultraschallsensor sendet hochfrequente Schallwellen aus, die für das menschliche Ohr nicht wahrnehmbar sind. Diese Schallwellen breiten sich im Raum aus und werden in Abbildung 2 als Sendeimpuls dargestellt.
- 2) Reflexion der Schallwellen: Wenn die Schallwellen auf ein Objekt treffen, wird ein Teil von ihnen vom Objekt reflektiert. Je nach Oberfläche und Beschaffenheit des Objekts wird ein Teil der Schallwellen zurück zum Sensor reflektiert, während der Rest absorbiert oder gestreut wird.
- 3) Zeitmessung der Schallwellen: Der Ultraschallsensor ermittelt, wie lange die reflektierten Schallwellen brauchen, um wieder beim Sensor anzukommen. Dies ist in Abbildung 2 als Echo gekennzeichnet. Mit der bekannten

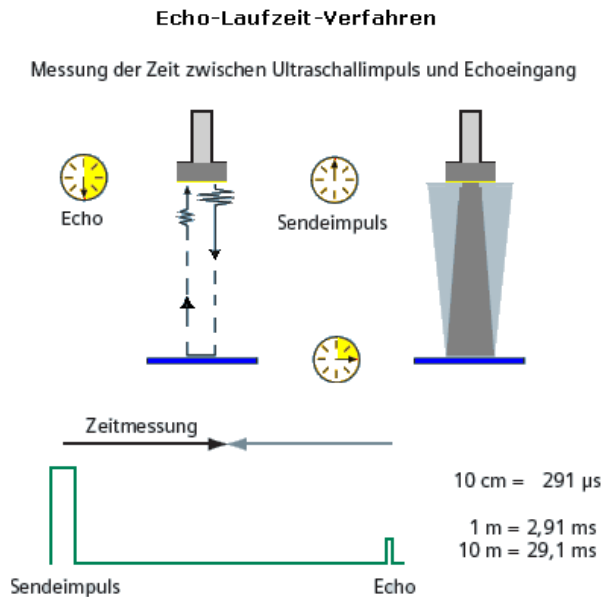


Abbildung 2. Funktion des Ultraschallsensors [2]

Schallgeschwindigkeit von etwa 343 Metern pro Sekunde bei Raumtemperatur lässt sich aus der gemessenen Zeit die Entfernung zum Objekt bestimmen.

- 4) Berechnung der Distanz: Mit der erfassten Laufzeit und dem Wissen über die Schallgeschwindigkeit ist es möglich, die Entfernung zum Gegenstand zu bestimmen. Die ermittelte Distanz wird anschließend in Zentimetern dargestellt, sodass sie für den Anwender nachvollziehbar ist.

C. Tastsensor

Die Funktionsweise des Tastsensors (Abbildung 1 links) ist wie folgt: Der NXT (Abbildung 1 in der Mitte) sendet kontinuierlich einen Impuls an den Tastsensor, um den aktuellen Zustand des Tasters abzufragen. Der Zustand des Tasters zeigt an, ob der Taster betätigt ist oder nicht. Dabei liefert der Sensor den Wert 0, wenn der Taster nicht gedrückt ist, und den Wert 1, wenn der Taster gedrückt ist. Diese Information wird dann an den NXT zurück übermittelt.

III. KONSTRUKTION

A. Verworfenes Konzept

Das erste Konzept sollte sich stark vom realistischen Einparkassistenten unterscheiden. Dabei hatte das Fahrzeug nicht die üblichen vier Räder, sondern insgesamt acht. Von diesen Rädern waren jeweils vier nach vorne und vier nach hinten ausgerichtet (siehe Abbildung 4), sowie vier nach rechts und vier nach links (siehe Abbildung 3). Dies ermöglichte es dem Fahrzeug, nicht zu lenken, aber dafür in deutlich kleinere Parklücken einzufahren.

Der Ablauf des Einparkvorgangs war wie folgt: Zuerst waren die Räder für die seitliche Bewegung in der Luft, bis das Fahrzeug direkt neben einer Parklücke stand. Dann senkte



Abbildung 3. Rechts-Links-Rädermodul



Abbildung 4. Vor-Zurück-Rädermodul

ein Motor die seitlichen Räder ab, während die Räder für die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung angehoben wurden. Dabei traten die ersten Probleme auf, da die Räder für die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung auch den Rahmen des Fahrzeugs stützten und somit zu schwer für den Motor oder die Zahnräder waren. Dies führte dazu, dass immer ein oder zwei Räder auf dem Boden schliffen und das Fahrzeug nicht gerade in die Parklücke fuhr. Nach versuchter Fehlerbehebung ohne Ergebnisverbesserung wurde entschieden, einen realistischer umsetzbaren und mechanisch einfacheren Einparkroboter zu realisieren.

B. Mechanische Konstruktion

Der Einparkroboter verwendete zwei Motoren und zwei Sensoren. Einer der Motoren diente dem Antrieb für Vorwärts- und Rückwärtsfahrten, während der andere Motor für die Servolenkung zuständig war. Es wurden ein Ultraschallsensor und ein Tastsensor eingesetzt. Der Ultraschallsensor (siehe Abbildung 5 rechts) war an der rechten Seite des Fahrzeugs montiert und zeigte in Richtung der parkenden Autos. Der Tastsensor (siehe Abbildung 5 links) befand sich an der Rückseite und war nach hinten gerichtet. Der NXT war zentral angebracht, was den Masseschwerpunkt in die Mitte des Fahrzeugs legte und somit zu einer besseren Manövrierfähigkeit beitrug.

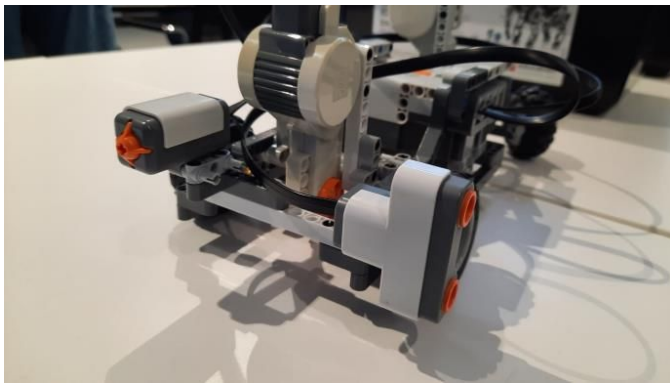


Abbildung 5. Sensoren an der Rückseite

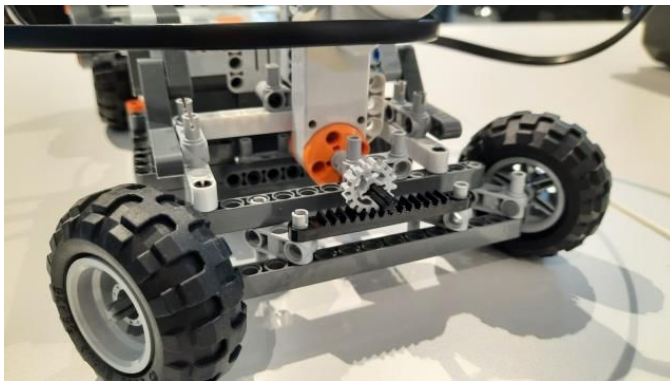


Abbildung 6. Servolenkung

C. Servolenkung

Der Einparkroboter nutzt eine Servolenkung (siehe Abbildung 6), um den Einparkvorgang durchzuführen. Diese bestand aus einem Motor, einem Zahnrad und einer Zahnstange. Der Motor drehte das Zahnrad, welches wiederum die Zahnstange nach links und rechts bewegte. Dank dieser Konstruktion konnte ein Lenkwinkel von 150° erreicht werden, was ein sehr gutes Manövrieren ermöglichte.

D. Programmablauf

Das Flussdiagramm in Abbildung 7 stellt den Quelltext vereinfacht dar und beschreibt den Ablauf, den der Einparkroboter durchläuft, um das Einparken zu ermöglichen.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Beim Bau und der Programmierung traten verschiedene Probleme auf, die teilweise umgangen werden mussten, anstatt sie vollständig zu lösen. Das erste Konzept erwies sich als sehr zeitaufwendig und beanspruchte daher wertvolle Zeit für den Bau des Endprodukts. Aus diesem Grund musste das Endprodukt einfach gehalten werden, um keine komplexen Probleme zu verursachen. Das zweite Konzept bzw. das Endkonzept (siehe Abbildung 8) war hingegen deutlich einfacher umzusetzen und stellte in diesem Bereich keine Probleme dar. Ein Problem im Quellcode war jedoch, dass der Tastsensor ursprünglich nur als Notaus gedacht war, jedoch nur beim Rückwärtsfahren funktionierte und daher umprogrammiert

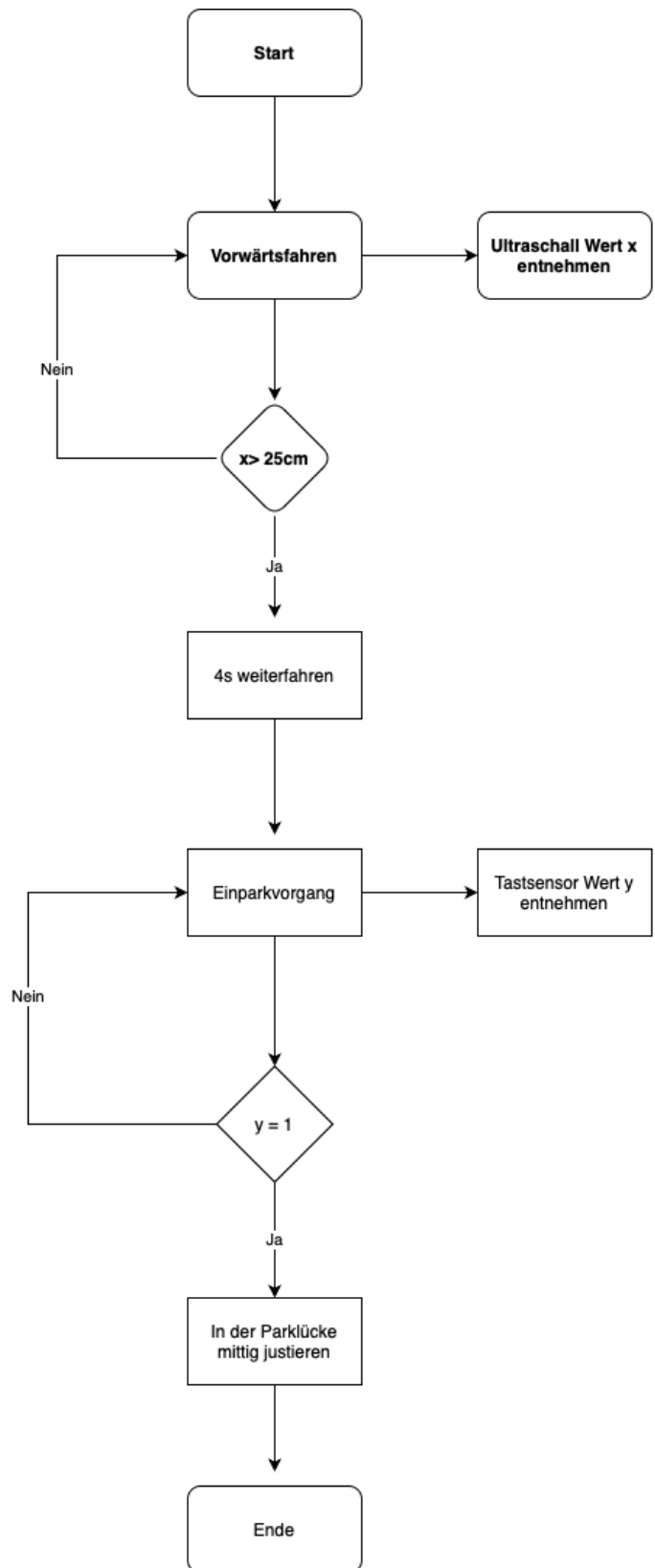


Abbildung 7. Flussdiagramm des Einparkvorgangs



Abbildung 8. Finale Konstruktion

werden musste, um das Fahrzeug bei einer Kollision zu stoppen. Dies hätte besser mit einem Ultraschallsensor gelöst werden sollen, da dieser das Fahrzeug kurz vor einer Kollision stoppen würde, was für einen Einparkroboter sinnvoller wäre. Außerdem erkennt das Fahrzeug nicht, wenn die Parklücke zu klein ist, und versucht in jede noch so kleine Lücke einzuparken. Trotzdem erfüllt das Endprodukt größtenteils die gestellten Anforderungen und entspricht somit unseren Erwartungen. Der Einparkroboter ist in der Lage, autonom zu fahren, Parklücken eigenständig zu erkennen und eigenständig einzuparken.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Am Ende des zweiwöchigen Projektseminars wurde erfolgreich ein funktionsfähiger LEGO-Roboter gebaut, der die zuvor genannten Aufgaben des Einparkroboters lösen kann. Er ist in der Lage, eigenständig eine Parklücke zu finden, sich in eine Einparkposition zu bringen und schließlich eigenständig in die Parklücke einzuparken. Zur Verbesserung des Systems könnten mehrere Ultraschallsensoren beitragen, die unter anderem das Einparken auf der linken Seite in Fahrtrichtung ermöglichen würden. Durch umfangreichere Änderungen im Quellcode wäre auch die Implementierung eines Spurhalteassistenten sowie die Erkennung zu kleiner Lücken möglich gewesen. Außerdem sollte der Notstopp-Taster durch einen Ultraschallsensor ersetzt werden, um den Einparkvorgang sicherer und zuverlässiger zu gestalten, sodass das Einparken in verschiedenste Parklücken möglich ist. Das Wichtigste wäre jedoch eine verbesserte Zeitplanung gewesen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] TIGER10: *Der Lego Mindstorms NXT 2.0-Stein mit über Kabel angeschlossenen Sensoren*. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19070425>. Version: April 2012. – via CC BY-SA 3.0
- [2] ALFAOMEGA: *Prinzip Ultraschall*. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32123333>. Version: September 2008. – via CC BY-SA 3.0