

MadLabCrab

Ein Krabbenroboter

Josua Eric Lohse, Elektro und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung - Im Rahmen des LEGO-Projektseminars wurde ein achtbeiniger Roboter entwickelt, der sich krabbenartig seitlich fortbewegen kann. Das Hauptziel des Projektes bestand darin, den Roboter dazu zu befähigen, sich seitlich im Raum zu bewegen und sich selbständig in der Mitte zwischen zwei definierten Punkten zu positionieren. Trotz einiger technischer Herausforderungen konnte ein funktionsfähiger Prototyp erfolgreich umgesetzt werden. Die vorliegende Arbeit dokumentiert die einzelnen Entwicklungsschritte und die technischen Lösungen, die zur Realisierung dieses Roboters führten.

Schlagerwörter— Autonomer Roboter, Beinrobotik, Klann-Mechanismus, LEGO-Mindstorms, Sensorbasierte Steuerung

I. EINLEITUNG

Die Entwicklung von Robotern mit Beintrieb gewinnt zunehmend an Bedeutung für verschiedene Einsatzbereiche. Ein autonomer Roboter in Form eines Krabbeltiers, der sich nach dem Klann-Mechanismus bewegt, bietet eine vielseitige Lösung. Er kann in der Industrie zur Inspektion mit Kameras eingesetzt werden und in Rettungseinsätzen in unwegsamen Gebieten helfen. Seine spezielle Art der Fortbewegung ermöglicht es ihm, sich gut anzupassen und beweglich zu sein. Diese Arbeit beschreibt den vollständigen Entwicklungsprozess – von der ersten Idee über die technische Umsetzung bis hin zur finalen Realisierung des Prototyps. Neben der Funktionsweise des Roboters werden auch die eingesetzten Mechanismen, Komponenten und Programmieransätze erläutert. Ziel ist es, ein umfassendes Verständnis für die Konstruktion und Steuerung eines autonomen, beinbetriebenen Roboters zu vermitteln.

II. VORBETRACHTUNGEN

Die Idee, die zur Entwicklung des Roboters führte, wird im Folgenden näher beleuchtet. Die Funktionsweise und die verwendeten Bauteile werden dabei in einem parallelen Prozess erläutert, um ein umfassendes Verständnis zu gewährleisten.

A. Was soll der Roboter können?

In erster Linie soll der Roboter eigenständig ohne weitere Stützhilfen sich in einer geraden Linie bewegen. Zwei Ultraschallsensoren messen dann die Entfernungen zu einer beweglichen Wand rechts und links vom Roboter. Sollte der Roboter sich näher an der rechten Wand befinden werden die Motoren

aktiviert und er geht in Richtung der linken Wand. Sollte der Roboter sich näher an der linken Wand befinden, drehen sich die Motoren in die entgegengesetzte Richtung und er bewegt sich nach rechts. Wenn der Roboter sich in der Mitte der Wände positioniert hat, ertönt ein Signalton und der Roboter schaltet sich ab. Sollte der Roboter eine Fehlfunktion haben oder beschädigt werden, kann außerdem ein zusätzlicher Knopf gedrückt werden und der Roboter schaltet sich ab.



Abbildung 1: Finale Roboterversion

B. Welche Komponenten wurden benötigt?

Die zentrale Steuerung des Roboters wird durch den LEGO-Mindstorms EV3-Baustein realisiert. Dieser Baustein stellt eine Schnittstelle zwischen einem Computer und den weiteren Roboterelementen dar. Über eine Verbindung zum Computer werden Befehle aus MATLAB-Code an die anderen Bauelemente weitergeleitet, während Sensordaten, wie zum Beispiel Abstandsmessungen, zur weiteren Verarbeitung an den Computer zurückgesendet werden. Zur Realisierung der Fortbewegung mittels acht Beinen wurden zwei leistungsstarke LEGO-Mindstorms-EV3-Motoren (95658) implementiert. Diese Motoren gewährleisten die erforderliche Drehmomentleistung, um die Gravitationskräfte, die durch das Eigengewicht des

Roboters entstehen, zu überwinden. Des Weiteren wurden zwei LEGO-Mindstorms Ultraschallsensoren (9846) zur Erfassung von Umgebungsdaten eingesetzt. Diese Sensoren ermöglichen die simultane Distanzmessung zu beiden Seiten des Roboters mit einem maximalen Messbereich von 255 cm. Zusätzlich verfügt der Roboter über zwei Tastsensoren. Ein Sensor dient als Initialisierungseinheit zur Aktivierung des Roboters, während der zweite Sensor als Not-Aus-Schalter konfiguriert ist, um im Bedarfsfall eine sofortige Systemabschaltung zu ermöglichen.

III. REALISIERUNG

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Entwicklungsschritte detailliert beschrieben, die zur erfolgreichen Realisierung einer funktionsfähigen Roboterversion führten.

A. Programmablaufplan und Code

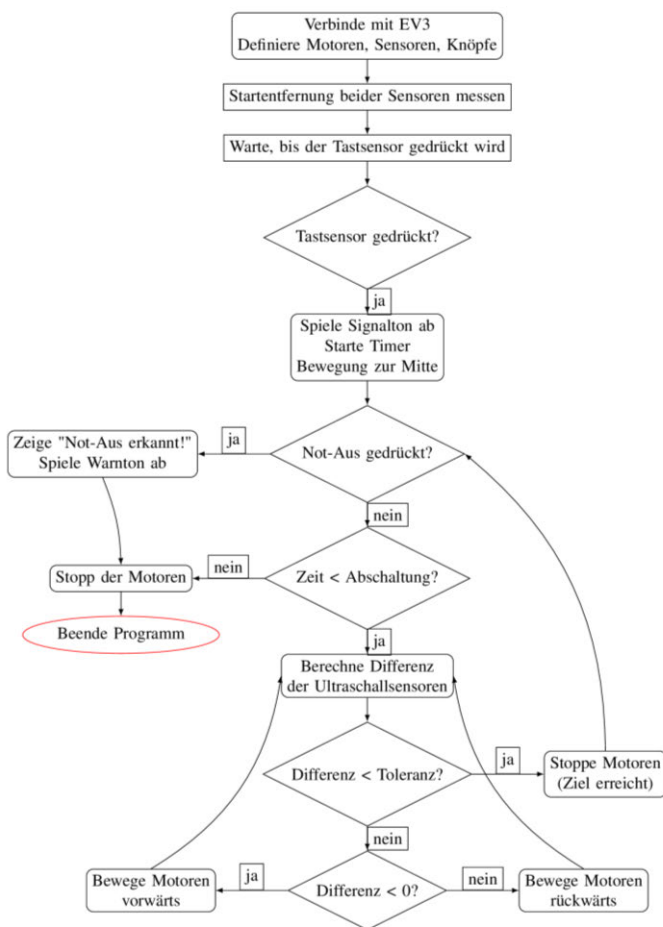


Abbildung 2: Programmablaufplan für MLC

In Abb. 2 ist zu sehen, dass nach der Initialisierung, bei der die Verbindung zum EV3-Baustein hergestellt, die Motoren, Sensoren und Tasten definiert und die Startentfernungen der Ultraschallsensoren gemessen werden, wartet der Roboter auf ein Startsignal durch den Tastsensor. Sobald dieses Signal

eintrifft, gibt der Roboter ein akustisches Signal aus, gibt der Roboter ein akustisches Signal aus, startet einen internen Timer und beginnt mit der Bewegung zur Mitte, wobei er die Motoren entsprechend ansteuert. Während dieser Bewegung überprüft der Roboter kontinuierlich, ob der Notausschalter betätigt wurde. Ist dies der Fall stoppt der Roboter sofort die Motoren und gibt ein akustisches Warnsignal aus. Sollte dieser Knopf allerdings nicht betätigt werden, überprüft der Roboter, ob die vorgegebene Zeit abgelaufen ist. Sollte die Zeit abgelaufen sein und der Roboter befindet sich noch nicht in der Mitte läuft er trotzdem weiter, bis er in dem mittigen Toleranzbereich angekommen ist und schaltet sich danach aus. Wenn der Toleranzbereich vor Ablauf der Zeit erreicht wurde, bleibt er dort stehen und überprüft weiter den Abstand der Wände, bis der Timer runtergelaufen ist und er sich abschaltet

B. Wie funktioniert der Laufmechanismus

Für die Fortbewegung des Roboters wurde der Klann-Mechanismus [1] gewählt – ein speziell konstruiertes Koppelstangengetriebe, das eine beinartige Bewegung ermöglicht. Dieser Mechanismus besteht aus mehreren starr miteinander verbundenen Stangen, die über Drehpunkte präzise aufeinander abgestimmt sind und durch eine Kurbelwelle (Abb. 3) in Bewegung gesetzt werden. Die dadurch entstehende Mechanik sorgt dafür, dass sich die Füße des Roboters in der Vorwärtsbewegung nahezu geradlinig über den Boden bewegen, während sie in der Rückwärtsbewegung angehoben werden. Dadurch entsteht ein stabiler, gleichmäßiger Gang, der sich besonders für unebenes Terrain eignet. Die Konstruktion des Klann-Mechanismus erlaubt eine relativ flache und kontrollierte Fortbewegung, die der natürlichen Bewegung von Krabbeltieren wie Krabben ähnelt. Dies verleiht dem Roboter eine hohe Standfestigkeit und eine effiziente Laufbewegung, ohne dass zusätzliche Räder oder herkömmliche Beine erforderlich sind.



Abbildung 3: Kurbelwelle

C. Weitere nennenswerte Entwicklungsschritte

Ein entscheidender Fortschritt in der Entwicklung des Motorblocks und der Kraftübertragung war die Optimierung der Zahnradübersetzung zwischen den Motoren und der Kurbelwelle. Während der ersten Testphase zeigte sich, dass der

Roboter nicht über ausreichend Antriebskraft verfügte, um sein Eigengewicht zu bewegen. Eine Erhöhung der Anzahl der Motoren hätte zwar die Leistung verbessert, hätte jedoch auch zu einer unerwünschten Gewichtszunahme geführt. Daher war eine alternative, effizientere Lösung erforderlich. Die finale Umsetzung bestand aus einer Zahnradübersetzung von 3:10, gefolgt von einer weiteren Übersetzung im Verhältnis 1:5 (Abb. 4). Diese Modifikation führte zwar zu einer Reduzierung der Drehzahl der Kurbelwelle, erhöhte jedoch gleichzeitig das Drehmoment erheblich. Durch diese Steigerung der Drehkraft konnte der Roboter schließlich sein Eigengewicht überwinden und die gewünschte Leistung zuverlässig erbringen.

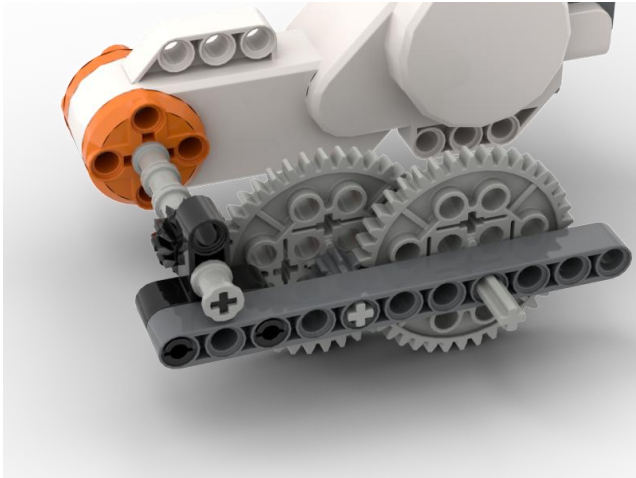
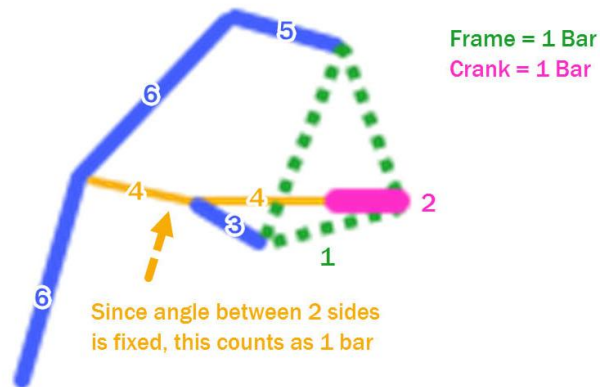


Abbildung 4: Getriebe und Zahnradübersetzung

Ein letzter, wesentlicher Entwicklungsschritt war die Konstruktion der Beine, die mehrere Anforderungen erfüllen mussten. Sie durften weder zu schwer, noch zu instabil sein, um das Eigengewicht zu tragen. Zudem war ein optimales Verhältnis zwischen Starrheit und Beweglichkeit erforderlich. Das finale Design wurde auf Basis eines bestehenden Robotermodells [2] entwickelt, und ist in Abb.5 dargestellt.

Klann Linkage Bar Count



6 Bars in Total

Abbildung 5 Beindesign[2]

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Im Rahmen des zweiwöchigen LEGO-Projektseminars konnte ein voll funktionsfähiger Roboter entwickelt werden (Abb. 1). Trotz einiger Herausforderungen während der Demonstration gelang es, das angestrebte Ziel einer zentrierten Positionierung im Raum erfolgreich zu veranschaulichen. Ein ungelöstes Problem stellte jedoch das gelegentliche Lösen der Kurbelwelle von der Getriebebox dar, was durch die hohe mechanische Belastung verursacht wurde. Dieses Problem resultierte aus der begrenzten Klemmkraft der LEGO-Bauteile, die für derart hohe Kräfte nicht ausgelegt sind.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Das Projektseminar zeigte, dass es möglich ist, mit dem LEGO-Klemmbausteinsystem einen funktionsfähigen, autonom bewegenden Roboter zu realisieren. Die Nutzung des Klann-Mechanismus für die Fortbewegung erwies sich als effektive Lösung, auch wenn einige mechanische Herausforderungen bewältigt werden mussten. Während der Demonstration konnte das Hauptziel des Projekts erfolgreich veranschaulicht werden. Für zukünftige Verbesserungen könnten insbesondere eine stabilere Befestigung der Kurbelwelle (Abb. 3) sowie eine optimierte Gewichtsverteilung in Betracht gezogen werden, um die Leistung und Zuverlässigkeit weiter zu steigern. Insgesamt bietet die entwickelte Lösung eine solide Grundlage für weiterführende Arbeiten in diesem Bereich.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Google Patents: Walking device
<https://patents.google.com/patent/US6260862B1/en>
- [2] DIY Walkers Klann's Linkage Dimension
<https://www.diywalkers.com/klanns-linkage-plans.html>