

# Tic-Tac-Toe-Spieler

Stanislav Panzhar, Elektromobilität  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung - Im Rahmen eines jährlich stattfindenden Technikseminars wurde ein lang ersehntes Projekt realisiert, das zuvor aufgrund begrenzter Ressourcen nicht realisierbar schien: der Bau eines Tic-Tac-Toe Roboters. Mit Hilfe von LEGO-Mindstorms-Bauteilen, einem Controller und einer Kamera wurde ein funktionsfähiger Prototyp entwickelt und getestet. Der Roboter wurde entwickelt, um als interaktiver Spieler in einem Tic-Tac-Toe Spiel zu agieren. Im Laufe des Projekts wurde klar, dass der Roboter mit den Verbesserungen und Anpassungen ein großes Potenzial hat. In den folgenden Abschnitten werden die technischen Spezifikationen des Projekts detailliert beschrieben und Vorschläge für mögliche Anwendungen und Weiterentwicklungen gemacht.**

## I. EINLEITUNG

In der Welt, in der Technologie und Kreativität Hand in Hand gehen, entstehen oft faszinierende Innovationen oft aus den einfachsten Materialien. Ein solches Beispiel liegt in der Verbindung von LEGO und Robotik, die nicht nur Kinder begeistert, sondern auch die Köpfe von Studenten inspiriert. Die Idee, aus Legosteinen einen Roboter zu erschaffen, mag zunächst wie ein Spaß erscheinen, doch hinter dieser scheinbaren Simplizität verbirgt sich oft eine erstaunliche Komplexität.

## II. VORBETRACHTUNGEN

Die Konzeption beinhaltet, dass der Roboter das Spielfeld für Tic-Tac-Toe erstellt, den ersten Zug ausführt und dann zurückfährt, um dem menschlichen Spieler die Möglichkeit zu geben, seinen Zug zu machen. Nachdem der Spieler seinen Zug gemacht hat, bewegt sich der Roboter zurück und analysiert sowohl seine eigenen Züge als auch die des Spielers. Auf der Grundlage dieser Analyse platziert der Roboter dann seine eigenen Markierungen in dem vom Algorithmus ausgewählten Bereich des Spielfelds.

Um dieses Konzept umsetzen zu können, benötigt der Roboter einen Mechanismus zum Erstellen des Spielfeldes, eine Kamera zur Erkennung der Posi-

tion der Spielsteine des Spielers und einen Algorithmus zur Analyse der Spielzüge. Der Roboter muss also in der Lage sein, seine eigenen Spielzüge zu planen und auszuführen.

## III. GRUNDLEGENDER STRUKTURELEMENTE

Der Roboter wurde von drei Motoren angetrieben. Ein Motor befand sich im hinteren Teil des Roboters und steuerte die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Roboters. Der zweite Motor befand sich vorne im unteren Bereich und war für die Bewegung der oberen Konstruktion des Roboters nach links und rechts verantwortlich. Der dritte Motor befand sich ganz oben auf dem Roboter. Dieser Motor bewegte den Stift nach oben und unten. Mit Hilfe dieser drei Motoren konnte der Roboter das richtige Spielfeld zeichnen.

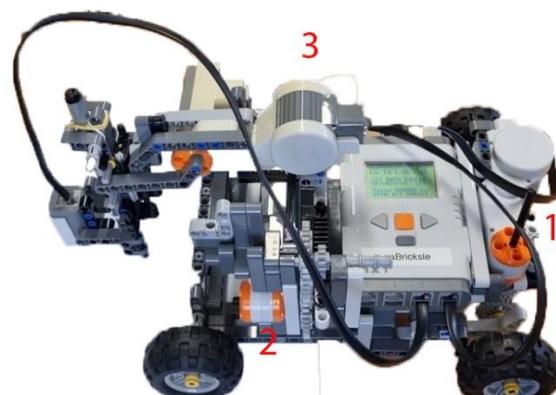


Abbildung 1. Konstruktion des Roboters

Für die Steuerung der Motoren wurde ein NXT-Controller mit dem Akku eingesetzt, der sämtliche Komponenten des Roboters einschließlich der Motoren und des Hauptsteuerblocks mit Strom versorgte. Anschließend wurden alle Komponenten so programmiert, dass sie bestimmte Funktionen ausführten. Dabei wurden die Motoren entsprechend den Spielzügen des Roboters und des menschlichen Spielers programmiert. Die Kamera hatte die Aufgabe, die Positionen der Spielsteine zu erfassen und

relevante Informationen zu sammeln. Der Hauptsteuerblock (Controller) koordinierte dann alle Aktionen des Roboters nach einem vordefinierten Algorithmus. Die Programmierung des NXT-Controllers ermöglichte eine präzise Steuerung der Motoren und der Kamera entsprechend den Anforderungen des Tic-Tac-Toe-Spiels. Es wurden Algorithmen entwickelt, um die Bewegungen des Roboters zu koordinieren, die Positionen der Spielsteine zu erkennen, Spielzüge zu analysieren und entsprechend zu reagieren. Durch diese Programmierung konnte der Roboter effektiv als autonomer Spieler agieren und eine anspruchsvolle Spielumgebung bieten.



Abbildung 2. NXT-Hauptteil

Ursprünglich wurden zwei Sensoren verwendet - Positions- und Farbsensor. Der Positionssensor hatte die Aufgabe, die Bewegungen des Roboters zu koordinieren, indem er den Raum vor ihm scannte. Der Farbsensor, der über dem Spielfeld positioniert war, sollte die Züge des Roboters und des Spielers erkennen und die Informationen an den Hauptblock weiterleiten. Es gab jedoch ein Problem damit, da der Lichtsensor das Spielfeld unzuverlässig und langsam erkannte. Aus diesem Grund wurde beschlossen, beide Sensoren durch eine Kamera zu ersetzen und diese mit MATLAB zu programmieren. Diese Änderung ermöglichte eine effizientere Erkennung und Verarbeitung der Spielfeldinformationen.

Für die Kamera wurde entschieden, dass der Roboter das Spielfeld und seine eigenen Züge mit einem schwarzen Stift zeichnet, während der Spieler einen roten Stift verwendet. Diese Wahl erleichterte es der Kamera, genau zu erkennen, wo ein Zug gemacht wurde, da sie die Farben Schwarz und Rot klar unterscheiden konnte. Diese klare Unterscheidung ermöglichte es der Kamera, präzise die Positionen der

Spielsteine zu erfassen und dem Hauptblock genaue Informationen über den Spielverlauf zu übermitteln. Dieses innovative Konzept trug wesentlich dazu bei, die Leistung und Genauigkeit des Roboters beim Spielen von Tic-Tac-Toe deutlich zu verbessern.



Abbildung 3. Verwendete Kamera «Logitech»

#### IV. PROGRAMMIERUNG

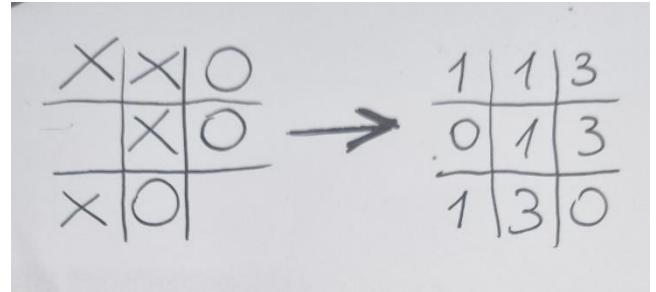


Abbildung 4. Idee der Analyse

Der erste Schritt bestand darin, die Motoren so zu programmieren, dass sie das Spielfeld zeichnen konnten. Dazu wurde eine Befehlsfolge verwendet, wobei die Bezeichnungen der Motoren, ihre Aktionen und die Koordinaten (z. B. die Länge der gezeichneten Linien oder die Position des Stifts auf dem Roboter) variiert wurden. Diese Programmierung stellte sicher, dass eine klare und deutliche Darstellung des Spielfeldes möglich war. Die Koordinaten wurden sorgfältig festgelegt, um sicherzustellen, dass das Spielfeld korrekt und symmetrisch gezeichnet wurde. Abschnitt des verwendeten Codes:

```
[ motor = NXTMotor('A', 'Power', 50, 'TachoLimit', 200);
motor.SendToNXT();
motor.WaitFor(); ]
```

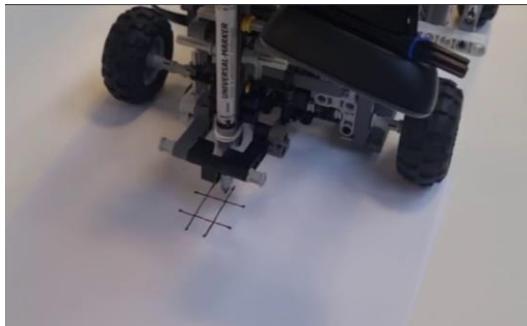


Abbildung 5. Der Roboter zeichnet das Spielfeld.

Im zweiten Schritt erfolgte die Programmierung der Kamera, um das Spielfeld zu erkennen. Nachdem der Spieler seinen Zug gemacht hatte, nahm die Kamera ein Foto auf und analysierte es, um die Position des Spielerzugs zu bestimmen. Dies erfolgte durch den Einsatz von Farberkennungsalgorithmen zur Identifizierung der roten Farbe des Spielers. Nachdem die Position des Zuges des Spielers erkannt war, musste der Roboter programmiert werden, um zu entscheiden, in welchem von neun möglichen Bereichen sich der Zug befand. Dadurch konnte der Roboter seinen eigenen Zug planen und ausführen, basierend auf dem erkannten Spielzustand und der Strategie des Algorithmus.

Die optimale Lösung bestand darin, das aufgenommene Foto in 9 Bereiche zu zerlegen und zu bestimmen, wo sich der Spielerzug befindet. Aufgrund der unvollkommenen Genauigkeit der Zeichnung des Spielfeldes war es jedoch nicht einfach, genaue Koordinaten zu bestimmen.

Die beschriebenen Schritte zeigen, dass der Roboter regelmäßig Schwierigkeiten hatte, die genaue Position des Spielerzuges zu erkennen.

## V. IDEE FÜR DIE LOGIK DES ROBOTERS

Leider konnte die innovative Lösung für die Roboterlogik aufgrund von Schwierigkeiten mit der Kamera nicht vollständig genutzt werden. Die Grundidee bestand darin, das Spielfeld als  $3 \times 3$ -Matrix in MATLAB abzubilden, wobei leere Felder mit 0, Spielerzüge mit 3 und Roboterzüge mit 1 gekennzeichnet wurden. Dann wurden bestimmte Kombinationen gesucht, bei denen die Summe entlang der Diagonalen, Spalten oder Zeilen bestimmte Werte erreichte. Zum Beispiel könnte eine Summe von 6 bedeuten, dass zwei Nullen in einer bestimmten Zeile stehen und der Roboter daher ein Kreuz machen muss, um den Spieler am Gewinnen zu hindern.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] MathWorks Help Center, 1994-2024  
<https://de.mathworks.com/help/imaq/imaqdevice>
- [2] Jeremy Hausotter:  
*How to Win Tic Tac Toe Like a Champion*, Januar 2020  
[https://books.google.de/books/about/How\\_to\\_Win\\_Tic\\_Tac\\_Toe\\_Like\\_a\\_Champion.html?id=gxNuZQEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.de/books/about/How_to_Win_Tic_Tac_Toe_Like_a_Champion.html?id=gxNuZQEACAAJ&redir_esc=y)
- [3] Abbildung 2: Lego Mindstorms NXT Wikipedia  
[https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Lego\\_mindstorms\\_nxt\\_main\\_brick.jpg](https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Lego_mindstorms_nxt_main_brick.jpg)
- [4] Abbildung 3: Logitech-Website <https://www.logitech.com/de-at/search.html?q=c270>