

# Tic-Tac-Toe-Spieler

Denys Malovanyi, Elektromobilität  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung** - Während eines jährlichen Technik-Seminars wurde ein lang ersehntes Projekt realisiert, das aufgrund begrenzter Ressourcen zuvor als nicht durchführbar erschien: die Konstruktion eines Tic-Tac-Toe-Roboters. Mithilfe von LEGO Mindstorms-Bauteilen, einem Controller und einer Kamera, wird ein funktionsfähiger Prototyp entwickelt und getestet. Der Roboter wurde entworfen, um als interaktiver Spieler in Tic-Tac-Toe Spiel zu agieren. Im Laufe des Projekts wurde klar, dass der Roboter mit den Verbesserungen und Anpassungen großes Potenzial hat. Die nachfolgenden Abschnitte bieten eine detaillierte Darstellung der technischen Spezifikationen des Projekts sowie die Vorschläge über seine möglichen Anwendungen und Entwicklungsmöglichkeiten.

## I. EINLEITUNG

Während des LEGO Mindstorms-Praktikums war es eine große Herausforderung, den engen Zeitrahmen für das Projektmanagement zu bewältigen und gleichzeitig die Vorbereitung auf Klausuren zu meistern. Diese Prüfungen nahmen einen erheblichen Teil der ohnehin schon begrenzten Zeit in Anspruch und erforderten eine effiziente Zeitplanung, um sowohl das Projekt als auch die akademischen Verpflichtungen erfolgreich zu erfüllen. Trotz dieser zusätzlichen Belastungen war es möglich, fokussiert zu bleiben und die Ressourcen optimal zu nutzen. Jede verfügbare Minute wurde effizient genutzt und kontinuierlich auf die wichtigsten Aspekte des Projekts konzentriert, was entscheidend für den Erfolg war. Letztendlich führte diese Herangehensweise dazu, dass das Roboterprojekt innerhalb von nur zwei Wochen erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

## II. VORBETRACHTUNGEN

Die Grundidee besteht darin, dass der Roboter zunächst das Spielfeld für Tic-Tac-Toe zeichnet, einen ersten Zug ausführt und dann vorübergehend zur Seite fährt, um dem menschlichen Spieler die Gelegenheit zu geben, seinen Zug zu machen. Sobald der Spieler seinen Zug gemacht hat, kehrt der Roboter zurück und übernimmt die Analyse sowohl seiner eigenen Züge als auch der des Spielers. Auf Basis dieser

Analyse setzt der Roboter dann seine eigenen Spielsteine (Kreuze) in den vom Algorithmus ausgewählten Bereich des Spielfelds.

Um diese ambitionierte Idee erfolgreich umzusetzen, sind einige wichtige Komponenten und Funktionen erforderlich. Zunächst benötigt der Roboter eine spezielle Vorrichtung oder Mechanik, um das Spielbrett präzise zu zeichnen. Darüber hinaus sind Sensoren von entscheidender Bedeutung, um die Position der Spielsteine des menschlichen Spielers zu erkennen. Ein hochentwickelter Algorithmus ist erforderlich, um die Spielzüge zu analysieren und dem Roboter eine Strategie für seine eigenen Züge vorzuschlagen.

Es ist wichtig, dass der Roboter nicht nur in der Lage ist, die Spielzüge zu erkennen und zu analysieren, sondern auch über die Fähigkeit verfügt, eigene Spielzüge zu planen und auszuführen. Diese Fähigkeit erfordert eine komplexe Steuerungslogik und präzise Bewegungen des Roboters. Darüber hinaus könnte eine intuitive Benutzeroberfläche für den menschlichen Spieler von Vorteil sein, um den Spielstand leicht verfolgen zu können und eine reibungslose Interaktion zwischen Mensch und Roboter zu gewährleisten. Insgesamt erfordert die Umsetzung dieser Idee eine umfassende Planung und Entwicklung, bei der verschiedene technologische Komponenten nahtlos zusammenarbeiten müssen, um ein reibungsloses Spielerlebnis zu gewährleisten. Es ist wichtig, dass der Roboter nicht nur technisch zuverlässig ist, sondern auch eine benutzerfreundliche Erfahrung bietet, um das Spiel für alle Beteiligten unterhaltsam zu gestalten kann.

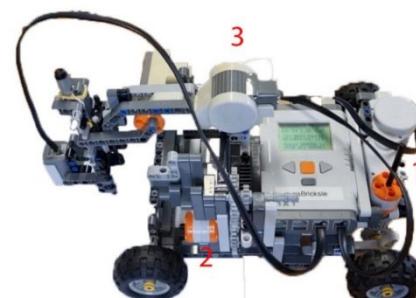


Abbildung 1. Konstruktion des Roboters.

### III. GRUNDLEGENDE STRUKTURELEMENTE

Die Bewegung des Roboters wurde durch drei Motoren realisiert. Erster Motor (Abbildung 1, Motor 1) befand sich hinten am Roboter und steuerte das Vorwärts- und Rückwärtsfahren. Der zweite Motor (Abbildung 1, Motor 2) befand sich vorne unten am Roboter und war für die Bewegung des Stifts zuständig, der das Spielfeld zeichnete, sowie für seitliche Bewegungen des Roboters nach rechts und links. Der dritte Motor (Abbildung 1, Motor 3) bewegt den Stift, der sich oben auf der Roboterstruktur befand, wurde durch einen Mechanismus angetrieben, der es ermöglichte, den Stift anzuheben und abzusenken. Damit konnte der Roboter die Spielfiguren setzen.



Abbildung 2. NXT Hauptteil; Quelle [3]

Zur Steuerung der Motoren wurde ein NXT-Controller (Abbildung 2) verwendet, der alle Hauptkomponenten des Roboters, einschließlich Sensoren und Motoren, mit Strom versorgte. Die Energieversorgung wurde durch einen Akku sichergestellt. Danach wurden alle Komponenten so programmiert, dass sie spezifische Aufgaben erfüllten.



Abbildung 3. Links - Ultraschallsensor; Rechts - Farbsensor; Quelle [4]

Zu Beginn wurden zwei Sensoren verwendet - ein Positions-sensor (Abbildung 3; links) und ein Farbsensor (Abbildung 3; rechts). Der Positionssensor sollte die Bewegungen des Roboters koordinieren, indem er den Raum vor ihm scannte, während der Farbsensor, der über dem Marker hing, die Züge des Roboters und des Spielers erkennen und die Informationen an den Hauptblock übertragen sollte. Hier traten jedoch Probleme auf, da der Sensor, der über dem Marker hing, das Spielfeld schlecht und langsam erkannte und es schwierig war, ihn zu programmieren. Daher wurde beschlossen, diese beiden Sensoren durch eine herkömmliche Kamera zu ersetzen und sie durch MATLAB zu programmieren, um eine effektivere Erkennung und Verarbeitung der Spielfeldinformationen zu ermöglichen. Die Kamera erwies sich als weitaus zuverlässiger und genauer bei der Erkennung der Positionen und Farben der Spielsteine, was zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit und schnelleren Reaktionszeiten des Roboters führte. Durch die Verwendung von MATLAB konnte eine detaillierte Bildverarbeitung implementiert werden, die es dem Roboter ermöglichte, die Spielsituation in Echtzeit zu analysieren und entsprechend zu reagieren. Dies stellte sicher, dass der Roboter in der Lage war, die Spielzüge sowohl des menschlichen Spielers als auch seine eigenen präzise zu verfolgen und umzusetzen, wodurch die Gesamtfunktionalität des Systems erheblich verbessert wurde.

Die hohe Genauigkeit der Kamera und die fortgeschrittenen Bildverarbeitungsfähigkeiten von MATLAB verbesserten die Systemleistung erheblich. Die Integration von MATLAB ermöglichte eine präzisere Analyse der Bilddaten, was zu effizienterer Erkennung und Verarbeitung führte. Dadurch konnte der Roboter die Spielsituation stets korrekt erfassen und angemessen darauf reagieren, was zu einer optimierten und leistungsfähigeren Lösung führte.



Abbildung 4. Die verwendete Kamera «Logitech»; Quelle [5]

Für die Kamera (Abbildung 4) wurde die Entscheidung getroffen, dass der Roboter das Spielfeld und seine eigenen

Züge mit einem schwarzen Marker zeichnete, während der Spieler mit einem roten Marker spielte. Dies erleichterte es der Kamera, zu erkennen, wo genau ein Zug gemacht wurde, da sie die Kontrastfarben Schwarz und Rot klar unterscheiden konnte. Dadurch konnte die Kamera präziser die Positionen der Spielsteine erfassen und dem Hauptblock genaue Informationen über den Spielverlauf übermitteln. Dieses innovative Konzept trug dazu bei, die Leistung und Genauigkeit des Roboters beim Spielen von Tic-Tac-Toe deutlich zu verbessern.

#### IV. PROGRAMMIERUNG

Der Entwicklungsprozess begann mit der Programmierung der Motoren, um das Spielfeld (Abbildung 5) zu zeichnen. Dabei wurde dieselbe Sequenz von Befehlen verwendet, wobei lediglich die Motorenbezeichnungen, ihre Aktionen und die Koordinaten variierten (wie z.B. die Länge der gezeichneten Linien oder die Position des Markers auf dem Roboter). Diese konsistente Programmierung ermöglichte eine einheitliche und präzise Darstellung des Spielfelds. Die Koordinaten wurden festgelegt, um sicherzustellen, dass das Spielfeld korrekt und symmetrisch gezeichnet wurde und dass die Bewegungen des Roboters reibungslos verliefen. Die genaue Festlegung der Koordinaten spielte eine entscheidende Rolle dabei, dass der Roboter die Linien in der richtigen Länge und an den richtigen Positionen zog. Um dies zu gewährleisten, wurde eine Reihe von Tests und Kalibrierungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die gezeichneten Linien genau den gewünschten Spezifikationen entsprachen. Diese präzise Vorgehensweise sorgte dafür, dass das Spielfeld nicht nur ästhetisch ansprechend, sondern auch funktional für das Tic-Tac-Toe-Spiel geeignet war. Darüber hinaus wurden die Motoren so programmiert, dass ihre Bewegungen geschmeidig und kontrolliert abliefen, wodurch ein gleichmäßiger und fehlerfreier Betrieb ermöglicht wurde. Diese detaillierte Programmierung und sorgfältige Kalibrierung führten letztendlich zu einem hochpräzisen und zuverlässigen System, das in der Lage war, das Spielfeld exakt so zu zeichnen, wie es für das erfolgreiche Spielen des Tic-Tac-Toe-Spiels erforderlich war. Abschnitt des verwendeten Codes (Quelle [1]):

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

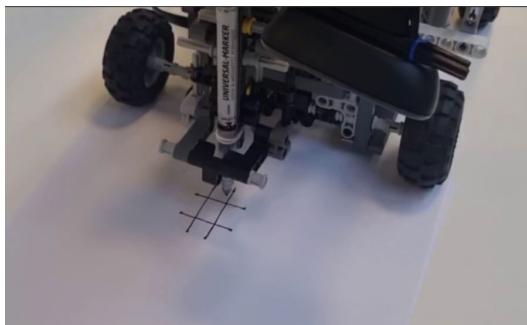


Abbildung 5. Der Roboter zeichnet das Spielfeld.

Im zweiten Abschnitt der Entwicklung richteten geht es über die Implementierung eines Bildverarbeitungsmoduls zur automatisierten Erfassung und Analyse der Spielzüge. Nachdem ein Spieler seinen Zug gemacht hatte, wurde ein Foto des Spielfelds von der Kamera aufgenommen. Dieses Bild wurde dann mithilfe spezifischer Farberkennungsalgorithmen verarbeitet, um die Position des Spielerzugs zu identifizieren. Die Algorithmen waren darauf ausgelegt, die charakteristische rote Farbe des Spielers zu erkennen und die Position des Zuges präzise zu bestimmen.

Im Anschluss an die Identifizierung des Spielerzugs durch die Bildverarbeitungssoftware wurde der Roboter programmiert, um den Spielzustand zu analysieren und seinen eigenen Zug strategisch zu planen. Dabei war es entscheidend, den Spielbereich, in dem sich der Spielerzug befand, präzise zu bestimmen, um eine optimale Reaktion zu gewährleisten. Dieser Prozess erforderte eine sorgfältige Koordination zwischen der Kamera, der Bildverarbeitungssoftware und den Steuerungsalgorithmen des Roboters.

Im Verlauf der Entwicklung traten immer wieder Herausforderungen auf. Insbesondere die exakte Bestimmung der Spielerzugposition stellte sich als komplex heraus, da das Spielfeld nicht immer perfekt gezeichnet war und kleine Abweichungen auftreten konnten. Darüber hinaus war die Platzierung der Kamera auf dem Roboter von entscheidender Bedeutung, um die Genauigkeit der Bildaufnahmen zu maximieren und potenzielle Fehlerquellen zu minimieren.

Insgesamt zeigt dieser Abschnitt deutlich die technologischen Herausforderungen und die strategische Planung, die bei der Entwicklung eines automatisierten Systems zur Spielzugekennung und -reaktion bewältigt werden mussten. Trotz der begrenzten Ressourcen und des Zeitdrucks arbeitete das Team hart daran, eine zuverlässige Lösung zu entwickeln, die die Anforderungen des Projekts erfüllte.

#### V. IDEE FÜR LOGIK DES ROBOTERS

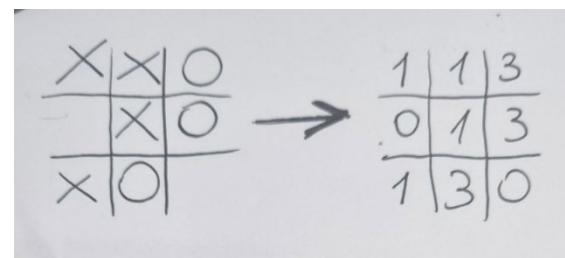


Abbildung 6. Die Idee des Logiks; Quelle [2]

Bedauerlicherweise blieb die innovative Lösung zur Steuerung der Spiellogik des Roboters ungenutzt, da Schwierigkeiten mit der Kamera die Implementierung behinderten. Das zugrunde liegende Konzept war äußerst vielversprechend: Es

sah vor, das Spielfeld in Form einer  $3 \times 3$ -Matrix (Abbildung 6) in der Programmiersprache MATLAB abzubilden.

Dabei wurden leere Felder als 0, Spielerzüge als 3 und Roboterzüge als 1 markiert. Anschließend sollte nach bestimmten Kombinationen gesucht werden, bei denen die Summe entlang der Diagonalen, Spalten und Zeilen bestimmte Werte erreichte. Diese Summen würden wiederum die Strategie des Roboters bestimmen.

Beispielsweise könnte eine Summe von 6 bedeuten, dass sich zwei Nullen in einer bestimmten Linie befinden, und demzufolge müsste der Roboter einen Zug setzen, um zu verhindern, dass der Spieler gewinnt. Trotz des vielversprechenden An-satzes konnte diese ausgefeilte Logik aufgrund des Zeitmangels nicht in die Praxis umgesetzt werden.

## 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: Farbensensor  
[https://lego.fandom.com/de/wiki/Farbsensor\\_10286](https://lego.fandom.com/de/wiki/Farbsensor_10286)  
Ultraschallsensor  
[https://wiki.hshl.de/wiki/index.php/Ultraschall\\_mit\\_Matlab\\_Simulink](https://wiki.hshl.de/wiki/index.php/Ultraschall_mit_Matlab_Simulink)
- [5] Abbildung 4: Logitech-Website  
<https://www.logitech.com/de-at/search.html?q=c270>