

# Sally Can Draw – Ein Automatisierter Lightpainting Roboter

Anna-Lena Thalhofer, Elektrotechnik und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung**—Im Rahmen des zweiwöchigen Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik soll mit Hilfe des LEGO-Mindstorm-Sets ein Roboter konstruiert und mit MATLAB programmiert werden. Entwickelt wurde dabei der Lightpainting Roboter mit dem Maskottchen Sally.

**Schlagwörter**—Bilder, LEGO Mindstorm, Lightpainting, Roboter, Sally

## I. EINLEITUNG

**L**IGHTPAINTING [1] ist für viele Menschen ein Hobby, welches die Bestandteile malen und fotografieren kombiniert. Durch Langzeitbelichtung [2] kann man im Dunkeln mit Leuchtstäben oder auch Wunderkerzen Formen kreieren. Dabei kann man auch die unterschiedlichsten Farben benutzen. Je nach Motiv und der Anzahl Farben im Bild, kann dies längere Zeit und mehrere Versuche benötigen. Für eine einzelne Person dauert das noch um einiges länger, da man immer wieder zwischen Kamera und Hintergrund des Bildes pendeln muss. Innerhalb des LEGO-Mindstorms-Projekts wurden mehrere Konzepte erdacht, wie man den Prozess des Lightpaintings einfacher und schneller gestalten kann.

## II. VORBETRACHTUNGEN

Wie bereits erwähnt, wurden mehrere Konzepte ausgedacht und in Betracht gezogen. Dabei hatte jedes Konzept seine eigenen Vor- und Nachteile. Es wurde sowohl die technische als auch die software bezogene Seite betrachtet.

### A. Fahrzeug

Das erste Konzept ist ein Fahrzeug. Dieses soll auf dem Boden fahren der ein möglichst dunkler bzw. schwarzer Untergrund sein sollte. Wie man schon erkennt, ist das einer der Nachteile des Fahrzeugs, da im Bild die ganze Szenerie wichtig ist. Durch den schwarzen Untergrund geht der Effekt des Lightpaintings verloren. Das Fahrzeug muss klein und kompakt sein, damit es nicht zu Lenkschwierigkeiten kommt und das Endergebnis somit keine Fehler aufweist. Auf dem Fahrzeug befindet sich eine kleine Box, in der sich die LED befindet. Diese Box soll durch eine motorbetriebene Klappe geöffnet und geschlossen werden. Dadurch sollte kontrolliert werden, wann auf dem Bild ein Lichtstreifen gesehen werden soll und wann nicht

### B. Beweglicher Arm

Ein weiteres Konzept ist ein beweglicher Arm, der zwei Motoren als Gelenke hat. Ein dritter Motor soll wie beim Fahrzeug eine Klappe zum Abdecken der LED sein. Im Gegensatz zu dem Fahrzeug kann man den Arm vor einer Szenerie aufstellen und hat damit einen Hintergrund im Bild. Allerdings muss auch der Arm relativ klein sein, da es eine Begrenzung aufgrund der Kabellänge zwischen den Motoren und dem NXT-Stein gibt. Ein weiteres Problem hierbei ist, dass man sowohl hinreichend stabil als auch mit möglichst wenig Bauteilen bauen muss. Durch zu viel Gewicht auf dem Arm kann die Kontrolle durch eine höhere Motorgeschwindigkeit verloren gehen.

### C. Metallgerüst

Das letzte Konzept enthält am wenigsten LEGO-Elemente. An einem Metallgerüst soll in jeder Ecke jeweils ein Motor angebracht werden. An den Motoren ist ein Rad angebracht, welches einen Faden aufwickeln soll. An diesem Faden hängt ein Calliope mini, den man separat programmieren kann. In diesem Fall dient der Calliope mini als LED. Dadurch kann man auch mehrere Farben benutzen, wodurch man in der Theorie sehr viel kreativer sein kann. Genauso wie beim Arm kann man dieses Gerüst vor einen Hintergrund stellen. Der eigentliche Effekt vom Lightpainting geht also auch hier nicht verloren.

### D. Software

Grundsätzlich ist die Programmierung bei jedem Konzept gleich. Als erstes wird ein Bild hochgeladen, welches der Roboter später malen soll. In diesem Bild werden die Kanten herausgefiltert. Der komplexe Teil, der auch bei jedem Konzept anders ist, ist zu programmieren, wie der Roboter diese Pfade später langfahren soll.

## III. KONSTRUKTION UND PROGRAMMIERUNG

Als erstes wurde der bewegliche Arm gebaut (siehe Abbildung 1). Währenddessen wurde schon mehrfach umgebaut, verkleinert und versucht, möglichst viel Gewicht einzusparen. Es wurde aber recht schnell festgestellt, dass die LEGO-Steine zu viel Gewicht haben um den Arm klein und beweglich zu halten. Daher gab es nie einen richtigen Prototypen.

Als nächstes wurde das Fahrzeug (siehe Abbildung 2) gebaut. Es wurde versucht, die Vorderräder mit einem Motor zu betreiben und diese Achse mit einem weiteren Motor zu verbinden, der die Lenkung übernimmt. Auf der festen

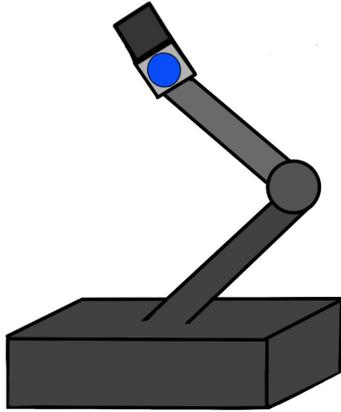


Abbildung 1. Zeichnung des beweglichen Armes

Achse sollte die Box mit der Klappe befestigt werden. Die Schwierigkeit bei dieser Konstruktion war eine Verbindung zu dem NXT-Stein zu schaffen, ohne dass etwas am Boden schleift oder nicht kompakt genug ist. Nach einer Testfahrt wurde beschlossen, nicht länger an diesem Prototyp zu arbeiten, sondern sich mit dem letzten Konzept zu befassen.



Abbildung 2. Prototyp des Fahrzeuges

Das letzte Konzept (siehe Abbildung 3) besteht nur noch aus einem Metallgerüst, dem NXT-Stein, zwei Motoren, den Verbindungsteilen aus LEGO und einem Calliope mini (siehe Abbildung 4) als Lichtquelle. Dies ist sowohl die einfachste als auch die stabilste Konstruktion. Die Motoren sollen so angesteuert werden, dass sie den Faden so auf- und abwickeln je nachdem in welche Richtung der Calliope mini sich bewegen soll.

Der Calliope mini muss durch ein externes Programm angesteuert werden. Dadurch kann MATLAB nicht mit dem Calliope mini verwendet werden. Deshalb muss man einen Timer programmieren, damit die LED nach  $x$  Sekunden an- und

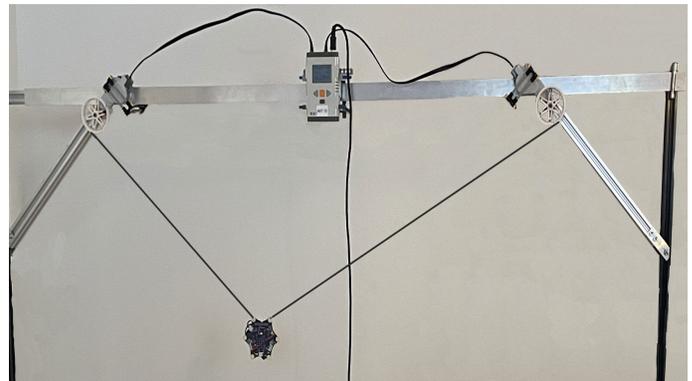


Abbildung 3. Prototyp des Metallgerüsts

ausgeht oder sogar die Farbe wechselt. Eine andere Möglichkeit ist den Calliope mini über Bluetooth anzusteuern. Dies ist aber auch kein optimaler Fall, da die Übertragung auf den Calliope mini eine Weile dauert. Vor den eigentlichen Aufnahmen muss getestet werden, welche Helligkeit der LED am geeignetsten für das Endergebnis ist. In den meisten Fällen ist eine dunklere Helligkeit geeignet, da ansonsten das komplette Bild zu hell werden könnte.

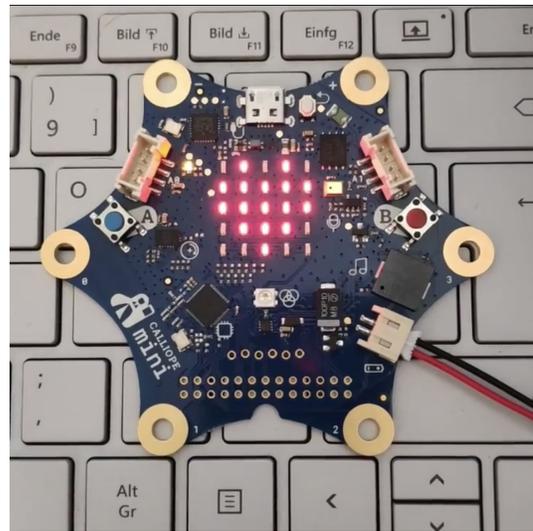


Abbildung 4. Calliope mini

Die Software wurde wie folgt programmiert: Als erstes liest man eine JPEG-Datei ein. Diese wird dann von dem Programm bearbeitet und die Kanten werden herausgefiltert mithilfe des Gaussian Filters [3]. Hat man nun das Kantenbild, sucht das Programm einen Startpixel. Daraufhin wird das Programm den nächstgelegenen Kantenpixel suchen. Zu diesem wird sich dann bewegt und der vorherigen Pixel gelöscht. Dies wird zum NXT-Stein gesendet. Das Programm macht solange weiter, bis keine Pixel mehr vorhanden sind. Diesen Prozess kann man ebenfalls in dem Programmablaufplan in Abbildung 5 nachvollziehen.

#### IV. ERGEBNISDISKUSSION

Die letzte Konstruktion war die einzige, mit der ein Ergebnisbild (siehe Abbildung 6) gemacht wurde. Anhand des

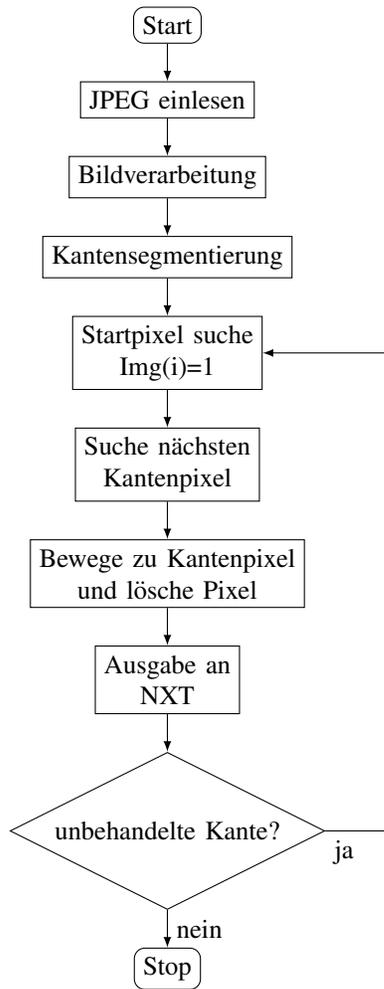


Abbildung 5. Programmablaufplan

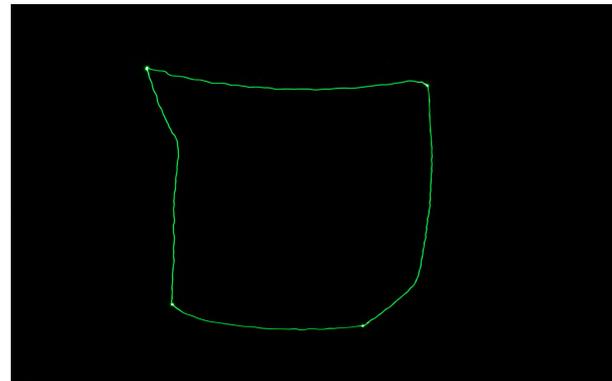


Abbildung 6. Ergebnisbild

In Zukunft, wenn man andere Materialien als das LEGO-Mindstorm-Set zur Verfügung hat, kann man die ganze Konstruktion stabiler und die einzelnen Komponenten einfacher verbauen. Weil das Metallgerüst nicht LEGO kompatibel ist, ist alles sehr leicht verrutscht. Ein weiteres Problem, welches in der Zukunft durch die Abschaffung der LEGO Bauteile einfach gelöst werden kann, ist die limitierte Kabellänge zwischen den Motoren und dem NXT-Stein. Abschließend kann man behaupten, dass die Idee, das Lightpainting einfacher zu gestalten und zu automatisieren, funktioniert hat, aber trotzdem definitiv noch verbessert werden kann.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] WIKIPEDIA: *Light Painting*. [https://de.wikipedia.org/wiki/Light\\_Painting](https://de.wikipedia.org/wiki/Light_Painting). Version: August 2021
- [2] WIKIPEDIA: *Langzeitbelichtung*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Langzeitbelichtung>. Version: November 2021
- [3] MATHWORKS: *Gaussian Filter*

Bildes kann man gut erkennen, was mit dem Prototyp schon gut geht und woran man noch arbeiten muss. Unter anderem sieht man, dass die horizontale Bewegung besser ist als die vertikale Bewegung. Dadurch, dass die Fäden nur ein dünner Nähgarn war, hatten diese auch nicht die Kraft gegen die Schwerkraft anzukommen und den Calliope mini dort zu halten wo er sein soll. Das kann man an der unteren Kurve erkennen. Nichtsdestotrotz kann man im Endergebnis erkennen was es werden sollte. Das Gerüst war zwar im Vergleich zu den anderen Konstruktionen am stabilsten, aber dennoch war es sehr wackelig. Wenn die Motoren etwas schneller sind um die Belichtungszeit gering zu halten, fängt das Gerüst leicht an zu wackeln, was man natürlich vermeiden möchte um ein gutes Bild zu erhalten.

#### V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Innerhalb der zwei Wochen wurden das Fahrzeug, der bewegliche Arm und das Metallgerüst gebaut und getestet. Durch etwaige Probleme wurde das Metallgerüst weiterverfolgt und ausgebaut. Durch die verschiedenen Konzepte fehlte am Ende die Zeit um das Gerüst zu verbessern, daher kann man dieses nur als einen Prototyp bezeichnen. Dennoch macht es für einen Prototypen bereits eine gute Arbeit.