

# Morsen mit dem El-Mo-Apparat

Mika Schäfer, Elektro- und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung**—Der elektrische Morseapparat (kurz: El-Mo-Apparat) beschreibt einen Roboter, der ein ursprüngliches Morsegerät aus NXT-Bausteinen darstellt. Die Programmierung erfolgt durch MATLAB und erfüllt einen essentiellen Teil für die Funktionalität des Apparats. Der El-Mo-Apparat kann einen Morsecode-Streifen einlesen und diesen in Form von Buchstaben auf einem Bildschirm wiedergeben. Dabei werden zwei verschiedene Versionen thematisiert, bei denen alle ursprünglichen Problematiken behoben werden konnten, sodass beide Apparate einwandfrei funktionieren. Die beiden Versionen bestehen aus einem Tast- beziehungsweise einem Lichtsensor, sodass hier das Morsen mit zwei verschiedenen Anwendungen möglich ist: durch Helligkeitsstufen (elektrische Signale) und das Drücken eines Tasters (mechanische Signale).

**Schlagwörter**—Lichtsensor, MATLAB, Morsecode, Roboter, Taster

## I. EINLEITUNG

**I**n der heutigen Zeit kennen viele diese Nachrichtentechnik nicht mehr: das Morsen. Somit wurde sich hier mit einer veralteten Praktik auseinandergesetzt und diese mit einer modernen Technik betrieben. Der Morsecode, benannt nach seinem Erfinder Samuel Morse [1], ist eine zeitlose und zugleich faszinierende Form der Kommunikation. Diese beruht auf einer einfachen, aber effektiven Methode: der Übertragung von Informationen mithilfe von kurzen und langen Lichtsignalen oder Tönen.

Die Geschichte des Morsecodes reicht zurück bis ins 19. Jahrhundert, als Samuel Morse dieses Kommunikationssystem entwickelte. Dabei wurden Nachrichten über weite Entfernnungen insbesondere über Telegrafenleitungen übermittelt. Was einst als innovative Technologie begann, entwickelte sich zu einem unverzichtbaren Werkzeug der menschlichen Kommunikation. Das Besondere des Morsecodes liegt in seiner Einfachheit und seiner Universalität. Durch die Verwendung von nur zwei Signalen, dem Punkt und dem Strich, können Buchstaben, Zahlen und sogar Sonderzeichen codiert und decodiert werden. Diese grundlegenden Elemente bilden das Alphabet des Morsecodes, das es ermöglicht, komplexe Nachrichten ohne die Notwendigkeit einer gesprochenen oder geschriebenen Sprache zu übermitteln.

Im Laufe der Geschichte hat der Morsecode eine bemerkenswerte Vielseitigkeit erreicht. Von seiner Verwendung in der Schifffahrt und im Militär bis hin zu seinen Einsatzmöglichkeiten in Rettungssituationen und im Amateurfunk hat der Morsecode zahlreiche Anwendungen gefunden. Selbst in Zeiten modernster Technologie und digitaler Kommunikation bleibt der Morsecode relevant und wird von vielen als wichtiger Bestandteil des Erbes der Telekommunikation betrachtet.



Abbildung 1. Beispiel eines Morsegerätes [2]

## II. VORBETRACHTUNGEN

### A. Elektromagnetischer Morseapparat

Die Funktionsweise des elektromagnetischen Morseapparats beruht auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Durch das Drücken eines Hebelns wird ein Stromkreis geschlossen, sodass Strom durch einen Elektromagneten fließt und ein magnetisches Feld erzeugt wird. Der Elektromagnet zieht einen sogenannten Anker, ein Stück leitendes Metall, an und schließt einen Schaltkontakt. Dadurch wird ein elektrischer Impuls erzeugt, der als Signal verwendet wird [3].

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen Stift mit dem Anker zu verbinden, der dadurch auf dem Papier angehoben und heruntergelassen wird.

Das Morsealphabet wird durch kurze und lange Impulse dargestellt, die als Punkte und Striche bezeichnet werden. Eine bestimmte Abfolge von Punkten und/oder Strichen stellt dabei immer einen Buchstaben, eine Zahl oder ein Sonderzeichen dar (beispielsweise wird das A durch “Punkt Strich” beschrieben). Der Morseapparat wird bedient, indem der Hebel gedrückt und losgelassen wird, um kurze oder lange Impulse (Punkte beziehungsweise Striche) zu erzeugen. Kurze oder lange Impulse entstehen, indem der Hebel eine kurze bzw. lange Zeit gedrückt wird.

Aus der Kombination von Punkten und Strichen wird die empfangene Nachricht interpretiert. Der elektrische Impuls wird auf der Empfängerseite in akustische oder visuelle Signale umgewandelt, die dann vom Empfänger entschlüsselt werden können.

### B. Welche Sensoren eignen sich für einen Morseapparat?

Da auf Basis von LEGO NXT-Mindstorms gearbeitet wurde, ist es schwierig, einen richtigen Stromkreis zu schließen. Aus diesem Grund wurden zwei verschiedene Morseapparate gebaut. Einer dient dem Übersetzen von Buchstaben aus mechanischen Signalen (durch einen Tastsensor). Der zweite übersetzt elektrische Signale (durch einen Lichtsensor) ebenfalls in Buchstaben.

Für die erste Version des El-Mo-Apparats wurden zwei NXT-Tastsensoren verwendet. Diese können entweder in einem gedrückten oder nicht gedrückten Zustand vorliegen. Der Tastsensor liefert entweder eine „1“ (gedrückt) oder eine „0“ (nicht gedrückt) an den verbundenen Computer.

Bei der zweiten Version des El-Mo-Apparats ist es schwieriger, die ursprüngliche Funktion des Morseapparats zu übertragen. Er besteht aus einem NXT-Lichtsensor und einem LEGO-NXT-Motor. Der Lichtsensor erkennt verschiedene Helligkeitsstufen und hat zwei Modi. Im ersten Modus nutzt der Sensor die Umgebungshelligkeit, um eine Helligkeitsstufe zu erkennen. Im zweiten Modus schaltet der Lichtsensor sein eigenes Licht ein und verwendet so nur seine eigene Lichtquelle. Der LEGO-Motor kann um einen bestimmten Winkel oder kontinuierlich gedreht werden. Darüber hinaus können die Geschwindigkeit und das Verhalten beim Anhalten (stoppen oder ausrollen) eingestellt werden.

### C. Weitere NXT-Bausteine

Ein weiterer essentieller Baustein ist der NXT-Stein. Er ist in der Lage, sowohl Informationen vom Computer und NXT-Bausteinen zu empfangen, als auch selbst Informationen zu senden. Des Weiteren kann er Töne abspielen.

## III. KONSTRUKTION UND PROGRAMMIERUNG

Zur Verwirklichung des eigenen Morseapparats wurden, wie oben bereits geschrieben, insgesamt zwei Versionen des El-Mo-Apparats konstruiert.

### A. El-Mo-Apparat (Version 1)

Die erste Version war der erste Schritt in der Entwicklung eines Morsecode-Apparats. Dieser Roboter bietet die Möglichkeit einer langsamen Eingewöhnung in die Programmierung mit MATLAB.

*1) Konstruktion:* Um die Konstruktion möglichst einfach zu gestalten, wurde ein echtes Morsegerät als Inspiration genutzt. In Abbildung 2 wird gezeigt, dass der erste Tastsensor unter einer „Wippe“ aus LEGO platziert ist. Mit deren Hilfe kann der Taster gedrückt oder nicht gedrückt werden. Dieser stellt den Morsetaster dar.

Der zweite Sensor ist ebenfalls mit einem Kabel an dem NXT-Stein angeschlossen und dient der Initialisierung. Aus diesem Grund wird dieser als Initialisierungstaster bezeichnet.

*2) Programmierung:* Das Programm der ersten Version des El-Mo-Apparats funktioniert auf einer einfachen Basis. Zunächst muss der NXT-Stein ständig prüfen, ob der Initialisierungstaster gedrückt ist. Ist dieser nicht gedrückt, kann auch keine Eingabe mit der Morsetaste erfolgen. Wird nun



Abbildung 2. El-Mo-Apparat (Version 1)

der Initialisierungstaster gedrückt, erfolgt die Eingabe mit dem Morsetaster, die durch Töne und Textausgaben am NXT-Stein und Computer sichtbar werden. Je nachdem, wie lange der Taster gedrückt wird, wird ein Wert in der Eingabetabelle gespeichert.

In dieser Tabelle werden die Daten abgelegt, die das Programm später benötigt, um einen Buchstaben auf dem Bildschirm auszugeben. Zu beachten ist, dass die Codierung und die Ausgabe von Buchstaben beschränkt ist. Da ein Buchstabe in Morsesprache nur aus maximal vier Zeichen, d.h. Punkten und/oder Strichen besteht, geht das Programm nach der achten Zahl, die es in der Eingabetabelle speichert, zur Auswertung der Tabelle über, wo diese in eine Funktion verarbeitet werden. Nach der Auswertung gibt das Programm den Buchstaben auf dem Bildschirm aus, siehe Abbildung 3.

### B. El-Mo-Apparat (Version 2)

Im zweiten Schritt der Entwicklung wurde die zweite Version des El-Mo-Apparats entworfen. Dieser soll nun einen eigens entworfenen Morsecode-Streifen mit einem Lichtsensor auswerten.

*1) Der Morsecode-Streifen:* Der Morsecode-Streifen, siehe Abbildung 4, besteht aus einer schwarzen und weißen Abfolge. Die kürzeren Abschnitte sind immer einen Zentimeter lang, die längeren genau zwei Zentimeter. Die kurzen schwarzen Stellen werden vom El-Mo-Apparat als Punkte, die langen als Striche in dem Morsealphabet interpretiert. Die kurzen weißen Stellen entsprechen Pausen, die zwischen den einzelnen Zeichen (Punkten und Strichen) benötigt werden, damit später ein Buchstabe ausgegeben werden kann. Ohne die langen weißen Abschnitte können die Buchstaben nicht voneinander getrennt abgelesen werden.

*2) Konstruktion:* Für die zweite Konstruktion wurde ein NXT-Lichtsensor und ein NXT-Motor verwendet, wie in Abbildung 5 gezeigt wird. Der Motor dreht ein Rad, das den Morsecode-Streifen auf der dafür vorgesehenen Bahn unter dem Lichtsensor durchfährt. Um Probleme beim Auslesen des Streifens zu vermeiden, bewegt sich der Motor in bestimmten Abständen vor und zurück, um den Lichtsensor immer genau

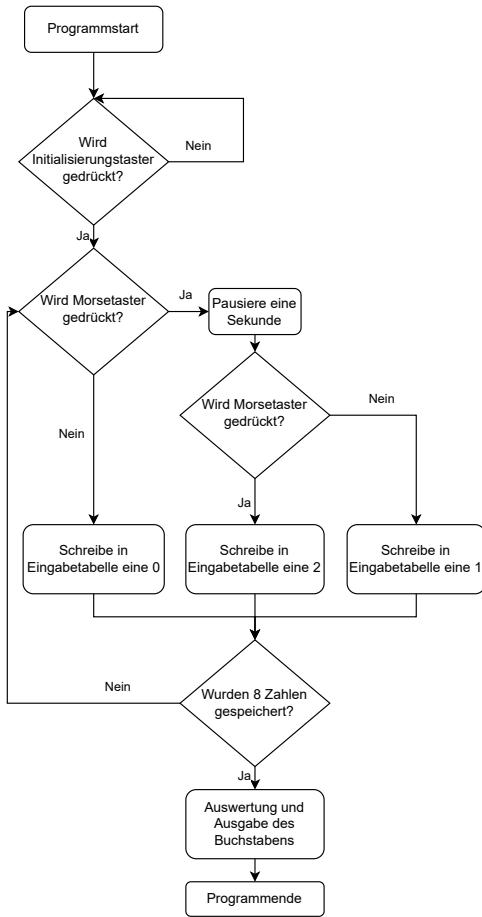


Abbildung 3. Programmablaufplan des El-Mo-Apparates (Version 1)

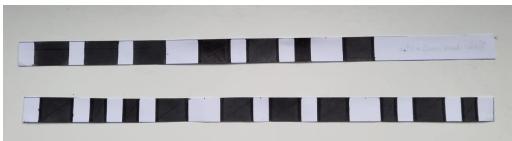


Abbildung 4. Zwei Morsecode-Streifen (Oberer: „O B T“, Unterer: „X O R“)

in der Mitte der hellen und dunklen Stellen zu positionieren, sodass fehlerfrei abgelesen werden kann. Der El-Mo-Apparat (Version 2) verfügt über eine Zahnradübersetzung, die die Genauigkeit beim Einziehen des Streifens verbessert.

Der Lichtsensor ist senkrecht zur Bahn und somit zum Morsecode-Streifen angebracht. Er wird im 2. Modus, wie im Abschnitt „Welche Sensoren eignen sich für einen Morseapparat?“ bereits erklärt, betrieben. Um das Umgebungslicht so gut wie möglich fernzuhalten, ist im El-Mo-Apparat noch eine Abschirmung aus LEGO-Steinen um den Lichtsensor gebaut.

3) Programmierung: Der Programmablaufplan des El-Mo-Apparats ist in Abbildung 6 dargestellt. Das Grundkonzept der zweiten Version besteht darin, dass der Morsecode-Streifen immer um eine bestimmte Strecke eingezogen wird. Daraufhin überprüft der Lichtsensor, ob sich unter diesem ein heller oder dunkler Abschnitt befindet. Um dies mit höchster Präzision zu gewährleisten, ist am Anfang des Programms eine Einspannungssequenz erforderlich. Der Morsecode-Streifen wird so

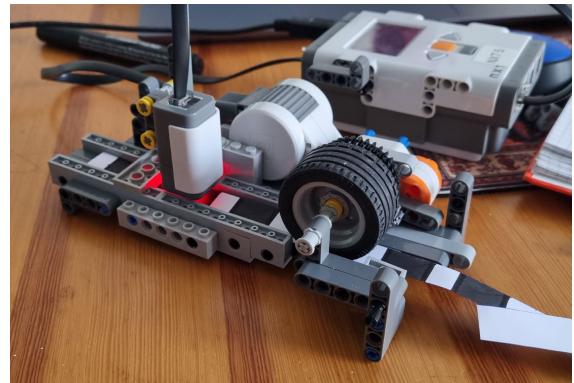


Abbildung 5. El-Mo-Apparat (Version 2)

weit unter den Lichtsensor gefahren, dass dieser sich über dem Anfang des Streifens befindet. Wenn sich der Lichtsensor über einem hellen oder dunklen Abschnitt befindet und das dazugehörige Signal an den Computer weitergeleitet hat, untersucht er die nächste Stelle. Die folgende Überprüfung entscheidet, ob sich auf dem Morsecode-Streifen eine kurze oder lange Stelle befindet. Abhängig von der Länge und der Helligkeit (hell oder dunkel) wird ein Wert in der Eingabetabelle gespeichert.

Das Programm hat zwei Möglichkeiten, den Einlesevorgang zu beenden. Entweder wurden bereits acht Werte eingespeichert oder der Lichtsensor hat dreimal hintereinander einen hellen Abschnitt erkannt. In beiden Fällen wird die Abbruchsequenz eingeleitet, die den Morsecode-Streifen aus der Konstruktion herausfährt. Anschließend wird die Eingabetabelle mit den gespeicherten Werten ausgewertet und ein einzelner Buchstabe ausgegeben.

### C. Auswertung der Eingaben und Ausgabe des Buchstabens

Die Auswertung der Eingabetabelle und die Ausgabe des Buchstabens erfolgt in einer externen Funktion, die am Ende des Programms aufgerufen wird. Zunächst wird die erste gespeicherte Zahl mit  $10^6$  multipliziert. Anschließend wird die nächste Stelle in der Tabelle mit einer Zehnerpotenz, deren Exponent immer um eins verringert wird, multipliziert und auf die erste Zahl addiert. Beispielsweise ist ein „X“ die Zahl 2010102 (lang schwarz, kurz weiß, kurz schwarz, kurz weiß, kurz schwarz und so weiter). Dies geschieht entweder, bis eine „-1“ (ein langer weißer Abschnitt) in der Tabelle steht oder sieben Zahlen ausgewertet und aufeinander addiert wurden. Die letzte und achte Stelle in der Tabelle ist immer eine „-1“, sofern sie nicht bereits zuvor aufgetreten ist.

## IV. ERGEBNISDISKUSSION

### A. Endergebnis

Beide Versionen des El-Mo-Apparats funktionieren nach mehreren Problemlösungen und Tests einwandfrei. Auch wenn das ursprüngliche Morsegerät mit elektromagnetischer Induktion betrieben wird und dies mit den LEGO-Bausteinen nicht nachahmbar ist, wurde durch die zwei verschiedenen Versionen dennoch ein funktionierendes und gutes Ergebnis erreicht.

Ursprünglich war die Planung, dass mit dem El-Mo-Apparat ganze Wörter und sogar Sätze ein- und ausgegeben werden

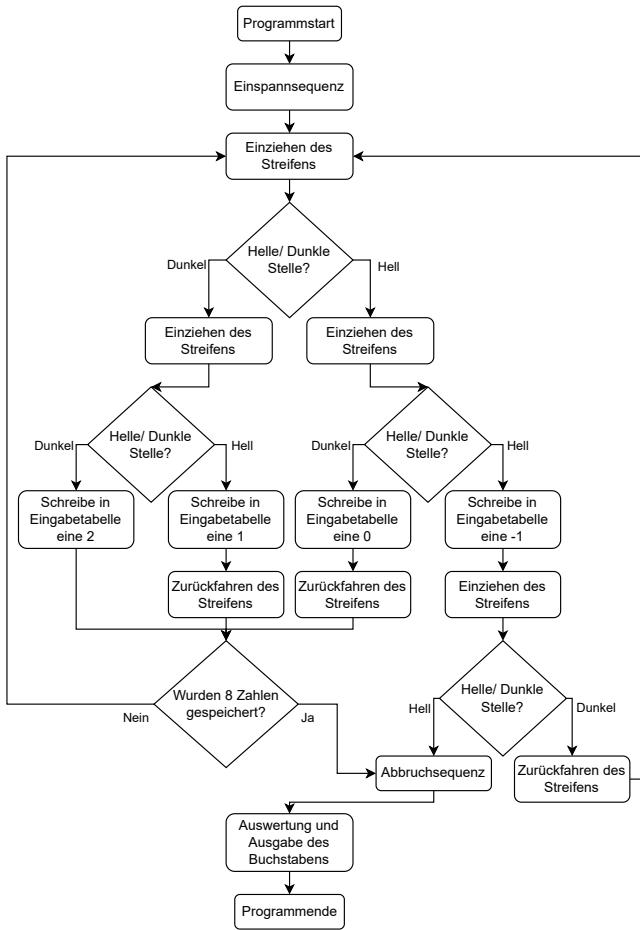


Abbildung 6. Programmablaufplan des El-Mo-Apparates (Version 2)

können. Da es aber schwierig ist, mit den Sensoren eine Abbruchsequenz bzw. ein Leerzeichen zu erzeugen, wurde diese Idee verworfen.

Die erste Version des Apparats mit dem Tastsensor erzeugt Signale, die an den Computer weitergeleitet und dort durch MATLAB in Buchstaben umgewandelt werden.

Die zweite Version liest die verschiedenen unterschiedlich hellen bzw. dunklen Abschnitte fehlerfrei ein und codiert daraus den dazugehörigen Buchstaben des Morsealphabets.

### B. Probleme

Ein immer wiederkehrendes Problem bei der ersten Version sind die Pausen, die das Programm zwischen den einzelnen Tastendrücken machen soll. Einerseits sollen die Pausen so lange wie möglich sein, damit jemand, der sich mit der Moresprache nicht gut auskennt oder den El-Mo-Apparat zum ersten Mal benutzt, genügend Zeit hat. Andererseits sollten die Pausen so kurz wie möglich gehalten werden, damit keine große Zeitspanne benötigt wird, um ein neues Zeichen eingeben zu können (siehe Abbildung 3).

Die meisten Probleme verursacht jedoch die Umsetzung der zweiten Version. Hierbei gab es gleich mehrere Problematiken, die auf verschiedenen Ebenen stattfanden. Zunächst geht eine Störung von externen Lichtquellen aus, die den Lichtsensor beeinflussen und damit die Ergebnisse bzw. die zu messenden

Abschnitte verfälschen. Die Behebung des Problems bestand, wie oben beschrieben, durch eine kleine Abschirmung, die um den Lichtsensor angebracht wurde.

Des Weiteren muss der Morsecode-Streifen sehr präzise sein, weil schon Abweichungen von Millimetern zu Veränderungen und falschen Messwerten führen können.

Die größte Herausforderung bestand bei dem Drehwinkel des NXT-Motors. Der Drehwinkel des Motors ist sehr klein und damit stark fehleranfällig. Mit den LEGO-Bausteinen ist es kaum bis gar nicht möglich, konstant denselben kleinen Winkel bei jeder Drehung zu erreichen. Ein konstanter Winkel ist wichtig, damit der Morsecode-Streifen gleichmäßig und kontinuierlich um einen Zentimeter eingezogen wird. Somit waren zu Beginn die übertragenen Werte in der Eingabetabelle durch falsches Ablesen des Lichtsensors inkorrekt. Um dieses Problem zu lösen, wurde eine Zahnradübersetzung eingebaut. Dadurch kann ein größerer, nahezu konstanter Drehwinkel des Motors, bei gleichbleibendem Einzug des Morsecode-Streifens, erreicht werden. Dadurch wird die Fehleranfälligkeit reduziert und ein konstantes Einziehen ist gewährleistet.

### V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Bei diesem Projekt wurde ein Morsegerät aus LEGO-NXT-Bausteinen nachgebaut und neu programmiert. Dabei entstanden zwei Versionen des El-Mo-Apparats, die jeweils unterschiedliche Eingabe-Mechanismen verfolgen. Bei der ersten Version wird ein Tastsensor genutzt, um so mit dem Drücken des Sensors Morsezeichen zu erstellen. Die zweite Version besteht aus einem Lichtsensor, der aufgrund von Helligkeitsstufen verschiedene Abschnitte erkennt und diese anschließend an einen Computer weiterleitet, sodass aus den abgelesenen Werten Buchstaben entstehen können. Dabei entstanden verschiedene Probleme, die allerdings durch verschiedene Lösungsansätze behoben werden konnten. Insgesamt wurde das Ziel erreicht, einen bzw. zwei fähige Morseapparate zu erstellen. Zukünftig könnten die beiden Versionen der El-Mo-Apparate so verbessert werden, dass sie sowohl ganze Sätze als auch Ziffern einlesen und auch ausgeben können. Des Weiteren könnte ein zweiter El-Mo-Apparat gebaut werden, der eine Verbindung per Bluetooth zu einem anderen Apparat hergestellt. Somit könnte eine direkte Kommunikation zwischen zwei El-Mo-Apparaten ermöglicht werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Praktikum eine sehr spannende und lehrreiche Zeit war. Durch die vielen Herausforderungen waren Spaß, Verzweiflung und Lernerfahrungen eng miteinander verbunden.

### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA: *Morsecode*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Morsecode>
- [2] SAUBER, Wolfgang: *Tastsensor*. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Höritz\\_Museum\\_-\\_Morsegerät.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Höritz_Museum_-_Morsegerät.jpg). Version: Februar 2009
- [3] STRECKER, Karl: *Der Morseapparat*, In: *Die Telegraphentechnik: Ein Leitfaden für Post- und Telegraphenbeamte*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, November 1917. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-92301-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-92301-2_9)