



Westfälische Wilhelms-Universität Münster

## Entwicklung einer Lehrerhandreichung zur Robotertechnik

Schriftliche Hausarbeit, vorgelegt im Rahmen der Ersten Staatsprüfung  
für das Lehramt an Grund-, Haupt- und Realschulen und den  
entsprechenden Jahrgangsstufen der Gesamtschule  
- Schwerpunkt Haupt- Real- und Gesamtschulen -

von Jörg Klan und Michael Wittmann

Themensteller: Prof. Dr. Chr. Hein  
(Institut für Technik und ihre Didaktik)

Münster, den 09.08.2007

# Entwicklung einer Lehrerhandreichung zur

## Robotertechnik

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Gesellschaftliche Bedeutung und Zielsetzung <i>M. Wittmann</i>	1
1.2 Vorgehensweise <i>M. Wittmann</i>	1
1.3 Ergebnisform <i>M. Wittmann</i>	2
<b>2 Einstieg in den praktischen Umgang mit LEGO®-Robotik</b>	<b>3</b>
2.1 Schulinterne Voraussetzungen <i>J. Klan</i>	3
2.2 „Bestellt, geliefert, was nun?“ <i>J. Klan</i>	4
2.2.1 Sortierung und Kontrolle <i>J. Klan</i>	4
2.2.2 Nützliche Erweiterung <i>J. Klan</i>	5
2.2.3 Vergabeplan <i>J. Klan</i>	5
2.3 Beispiel einer Testplattform <i>M. Wittmann</i>	6
<b>3 Konstruktion mit dem System</b>	<b>7</b>
3.1 Bau nach Anleitung <i>J. Klan</i>	7
3.2 Freies Konstruieren <i>M. Wittmann</i>	8
3.3 Denkanstöße aus dem „alten System“ <i>M. Wittmann / J. Klan</i>	9
<b>4 Die NXT-Einheit</b>	<b>10</b>
4.1 Aufbau und Funktion <i>M. Wittmann</i>	10
4.2 Programmieren mit dem NXT <i>M. Wittmann</i>	12
4.2.1 Programmierbefehle für den NXT <i>M. Wittmann</i>	13
4.2.2 Programmierbeispiele <i>M. Wittmann</i>	18

5 Einarbeitung in die Software	20
5.1 Bedeutung von Symbolen und deren Funktion <i>J. Klan</i>	20
5.1.1 Die Programmieroberfläche <i>J. Klan</i>	20
5.1.2 Die Werkzeugpaletten mit ihren Bausteinen <i>J. Klan</i>	23
5.2 Programmierbeispiele <i>J. Klan</i>	33
6 Sensoren und Aktoren	37
6.1 Definition <i>M. Wittmann</i>	37
6.2 Vorhandene Sensoren und Aktoren <i>M. Wittmann</i>	38
6.3 Aufbau und Funktion der Sensoren und Aktoren <i>M. Wittmann</i>	39
7 Fazit <i>J. Klan / M. Wittmann</i>	45
8 Anhang <i>J. Klan / M. Wittmann</i>	46
9 Abbildungsverzeichnis	54
10 Tabellenverzeichnis	60
11 Literatur	60

# 1 Einleitung

## 1.1 Gesellschaftliche Bedeutung und Zielsetzung

Betrachtet man unsere immer stärker technisierte Lebenswelt wird schnell deutlich, dass die Robotertechnik in vielen Bereichen unverzichtbar geworden ist. Besonders in der Arbeitswelt werden der Umgang mit Robotern und ihre Programmierung immer wichtiger. Um Schüler auf diese Anforderungen vorzubereiten, ist eine thematische Auseinandersetzung mit der Robotertechnik und ihrer Programmierung unabdingbar.

Eine Möglichkeit der Behandlung dieser Thematik in der Schule bietet das MINDSTORMS® education-System von LEGO®. Hier besteht die Möglichkeit, die grundlegenden Prinzipien der Robotertechnik einfach und anschaulich zu verwirklichen.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Lehrerhandreichung zum LEGO-MINDSTORMS® education-System. Sie soll dem Lehrpersonal einen anwendungsorientierten Überblick über den Aufbau und die Funktionen von Soft- und Hardware geben, sodass ein möglichst effektiver Einstieg in den schulischen Gebrauch ermöglicht wird. Ebenso werden auch generelle Vorüberlegungen zur Anschaffung und zum Einsatz dieser Technik dargestellt.

## 1.2 Vorgehensweise

Zu Beginn steht die Auseinandersetzung mit den infrastrukturellen Voraussetzungen, die für den Einstieg in der Schule gegeben sein bzw. noch geschaffen werden müssen. Im Anschluss daran wird der praktische Umgang mit LEGO® dargestellt. Der Hauptteil der Arbeit umfasst den Aufbau und die Funktion der Hard- und Software sowie deren Anwendung.

### 1.3 Ergebnisform

Die Lehrerhandreichung soll als Druckversion jedem interessierten Technik- oder Informatiklehrer zur Verfügung stehen.

In Form von Informationspostern dienen Teile dieser Arbeit (beispielsweise die unter Punkt 4.2.1 und 5.1 erläuterten Programmierfelder) als Unterstützung für den Unterricht.

Durch die teilweise beigefügten Schaltpläne einiger Sensoren (unter Punkt 6.3) besteht die Möglichkeit einzelne Sensoren nachzubauen und somit das Thema Sensorik weiter zu vertiefen.

## 2 Einstieg in den praktischen Umgang mit LEGO®-Robotik

### 2.1 Schulinterne Voraussetzungen

Schon im Vorfeld der Anschaffung eines LEGO®-Systems für die Schule sollten folgende Punkte beachtet werden und Vorbereitungen getroffen werden.

Die wichtigsten zu überdenkenden Punkte sind:

- Zur optimalen Nutzung sollte ein ausreichend großer Raum zur Verfügung stehen, der ausschließlich für die Gebrauch des Legosystems bereit steht. Dies verhindert Überschneidungen in der Nutzung des vorhandenen Computerraums.
- Erforderliche Computerarbeitsplätze oder Laptops müssen verfügbar sein. Hierbei ist auf die notwendigen Systemvoraussetzungen der Software zu achten.  
(<http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxt-software/nxt-education-software/nxt-education-software>)
- Eine geeignete Testplattform muss gebaut/beschafft werden.  
(Beispiel hierzu in Punkt 2.3)

## 2.2 „Bestellt, geliefert, was nun?“

### 2.2.1 Sortierung und Kontrolle

Beim Kauf des LEGO MINDSTORMS® education NXT Basis Sets (9797) finden Sie in der Aufbewahrungsbox zwei herausnehmbare Sortiereinsätze.



Abb. 1: Sortiereinsatz I



Abb. 2: Sortiereinsatz II

Ebenfalls vorhanden sind zwei Sortier- und Kontrollbögen, die das Überprüfen der Vollständigkeit erleichtern.



Abb. 3: Kontrollbogen I



Abb.4: Kontrollbogen II

Es empfiehlt sich die Kästen durch zu nummerieren. Somit kann sichergestellt werden, dass eine Schülergruppe immer mit demselben Kasten arbeitet. Für diesen und ihren Inhalt trägt sie dann die Verantwortung.

Aus diesem Grund sollte jede Gruppe, die mit einem Kasten arbeitet, vor Beginn und am Ende einer Einheit die Box auf Vollständigkeit kontrollieren.

## 2.2.2 Nützliche Erweiterung

Die Erfahrung hat gezeigt, dass es bei der Speicherung der entwickelten Programme häufig zu Problemen gekommen ist. Oft werden Programme gelöscht, überschrieben oder so abgespeichert, dass sie von der jeweiligen Gruppe in der nächsten Stunde nicht mehr wieder gefunden werden. Daher ist es sinnvoll jeden Kasten um einen USB-Speichystick zu ergänzen. Auch die Sticks sollten wie die Kästen durchnummieriert werden, sodass sie anhand der Nummer der jeweiligen Gruppe zugeordnet werden können. Durch diese Maßnahme vermeidet man die Gefahr von Viren durch schulfremde Speichermedien.

## 2.2.3 Vergabeplan

Soll über die einfachen Standartmodelle (siehe im Kasten enthaltene Bauanleitung) hinaus mit den LEGO®-Kästen konstruiert werden, ist es erforderlich einen Vergabeplan zu erstellen. In diesen können sich Kollegen eintragen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt mit dem LEGO®-System arbeiten wollen. Durch diesen Plan wird sichergestellt, dass in dem angegebenen Zeitraum nur eine Gruppe mit dem System arbeitet. So ist gewährleistet, dass die Schüler beim freien Konstruieren Fortschritte erzielen können.

## 2.3 Beispiel einer Testplattform

Um die programmierten Roboter gefahrlos testen zu können (nicht auf dem Fußboden zwischen den Schülern) empfiehlt es sich, einen speziellen Tisch zu bauen. Dieser sollte eine mattschwarze Oberfläche sowie einen ca. 4 cm hohen Rand haben.

Das hier abgebildete Beispiel entspricht in seinen Maßen den Vorgaben eines Spieltisches der FIRST LEGO® League.



Abb. 5: Testplattform I



Abb. 6: Testplattform II

Die Maße:  
245cm X 123cm X 10cm

Baumaterial:

Sperholzplatte  
245cm x 123cm x 2cm

Kanthölzer  
2 x 245cm x 10cm x 4cm  
2 x 115cm x 10cm x 4cm  
4 x 123cm x 5cm x 3cm

1 Dose mattschwarze  
Farbe

Eine ausführliche Bauanleitung und weitere Informationen befinden sich auf der folgenden Internetseite:

[http://www.hands-on-technology.de/archive/fll\\_2006/tournamenttable](http://www.hands-on-technology.de/archive/fll_2006/tournamenttable)

### 3 Konstruktion mit dem System

#### 3.1 Bau nach Anleitung

In dem im Lieferumfang enthaltenen Begleitheft finden sich detaillierte Anleitungen zum Bau eines Basisroboters.



Abb. 7: Der Basisroboter

Im ersten Bauabschnitt wird ein fahrtüchtiger Roboter ohne Sensoren erstellt. An dieses Grundgerüst können nun, ebenfalls nach Anleitung, beliebige Sensoren und weitere Aktoren montiert werden. Somit können die Schüler eigenständig das Verhalten der einzelnen Bauteile und deren Zusammenspiel erproben.

Durch das Bauen nach Bauplan erwerben die Schüler Fähigkeiten im Umgang mit den für sie zum Teil neuartigen LEGO®-Steinen. Das Prinzip des „Aufeinanderstecken von Steinen“, wie bei klassischen LEGO®-Bausätzen, wurde im aktuellen „LEGO MINDSTORMS® education“ durch den Einsatz von Steckverbindungen ersetzt.



Abb. 8: Klassisches System



Abb. 9: Neues System

### 3.2 Freies Konstruieren

Im Gegensatz zum alten „LEGO MINDSTORMS® für Schulen“, welches durch die Art der verwendeten Bauteile und Steine an die Erfahrungswelt der Kinder direkt anknüpfte, bedarf das neue „LEGO MINDSTORMS® education“ einer gewissen Einarbeitungszeit, um wirklich frei konstruieren zu können. Selbst nach mehrstündiger Arbeit fällt die Umsetzung eigener Bauvorhaben (u.a. auch durch die Beschränkung auf Steckverbindungen) sehr schwer.

Das freie Konstruieren bietet in Phasen längeren und intensiveren Arbeitens, wie an Projekttagen oder in AGs, Möglichkeiten das Interesse und die Kreativität der Schüler zu forcieren.

Ein Beispiel für ein frei konstruiertes Projekt stellt dieser von Studenten (Hannes Boyke und Fabian Meyer) der WWU Münster, Institut für Technik und ihre Didaktik, erstellte Flippertisch dar.



Abb. 10: Der Flippertisch

Zur Verwirklichung dieser Idee wurden sechs LEGO MINDSTORMS® education- Bausätze benötigt.

### 3.3 Denkanstöße aus dem „alten System“

Bereits vor der Beschäftigung mit dem LEGO MINDSTORMS® education-System und der dazugehörigen Software haben wir mit dem damals aktuellen LEGO MINDSTORMS® Schule gearbeitet. In dieser Phase haben wir mehrere Roboter und die dazugehörige Software entwickelt. Diese Modelle sind mit dem neuen System aufgrund des veränderten Bauprinzips zwar nicht direkt realisierbar, können aber Anregungen zum freien Konstruieren geben. Hierzu befinden sich im Anhang, Punkt 8 dieser Arbeit, einige Abbildungen der Modelle und deren Programmierung (in Robolab® geschrieben).

## 4 Die NXT- Einheit

### 4.1 Aufbau und Funktion

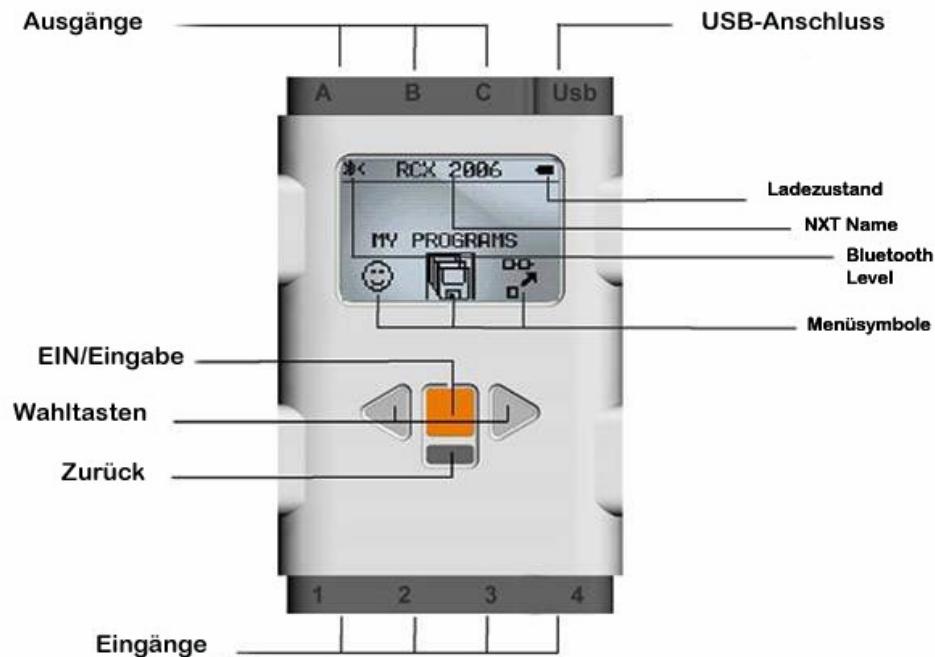


Abb. 11: Die NXT-Einheit mit Display- und Anschlusserläuterungen

Der NXT- Baustein verfügt über verschiedene Funktion, die im Menü aufgerufen werden können. Neben der Verwaltung der aufgespielten Programme („My Files“), der Einstellungen („Settings“), des Bluetooth™ und der direkten Programmierung („NXT Program“) gibt es auch die Möglichkeiten die einzelnen Sensoren zu testen.

Die „Try-Me“- Funktion ermöglicht das Ausprobieren einzelner Sensoren und Motoren. Hierbei können die Schüler erste Erfahrungen mit den Eigenschaften wie Empfindlichkeit und Reichweite sammeln.

Beim Anschluss der zu testenden Bauteile an den NXT ist darauf zu achten, dass die Sensoren und Aktoren meist nur an einen bestimmten Ein- oder Ausgang angeschlossen werden können. Die Belegung ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

„Try Me-Funktion“



Abb. 12: NXT-Display „Try Me“

	Port	Ausgabe	Ausgabewert
<b>Berührungssensor</b>	1	„Smilie“ auf dem Display	Mundbewegung des „Smilie“
<b>Lichtsensor</b> (reflektiertes Licht)	3	Melodie	dunkle Oberfläche = tiefe Melodie helle Oberfläche = hohe Melodie
<b>Geräuschsensor</b>	2+B für Motor!	Motorgeschwindigkeit	leise = langsam laut = schnell
<b>Ultraschallsensor</b>	4	Ton	weit = hoher Ton nah = tiefer Ton
<b>Servomotor</b> (Rotation)	A	Töne	unterschiedliche Tonhöhe je nach Motorstellung

Tabelle 1: Anschluss und Ausgabe zur „Try Me-Funktion“

Um hingegen konkrete Zahlwerte zu erhalten, nutzt man die „View“-Funktion. Hier können direkt Zahlenwerte vom NXT abgelesen werden, die in späteren Modellen als Referenz genutzt werden können.

„View-Funktion“



Abb. 13: NXT-Display „View“

	Port	Ausgabe	Ausgabewert
<b>Berührungssensor</b>	1 - 4	Display	0 = nicht gedrückt 1 = gedrückt
<b>Lichtsensor</b> (reflektiertes Licht)	1 - 4	%-Wert auf dem Display	dunkle Oberfläche = niedriger Wert helle Oberfläche = hoher Wert
<b>Lichtsensor</b> (Umgebungslicht)	1 – 4	%-Wert auf dem Display	dunkle Umgebung = niedriger Wert helle Umgebung = hoher Wert
<b>Geräuschsensor</b>	1 - 4	%-Wert auf dem Display	leises Geräusch = niedriger Wert lautes Geräusch = hoher Wert
<b>Ultraschallsensor</b>	1 - 4	wählbar in inch oder in cm	Distanz in inch oder in cm
<b>Servomotor</b> (Rotation)	A,B oder C	wählbar in Grad oder in Umdrehungen	Grad der Umdrehung oder Anzahl der Umdrehungen

Tabelle 2: Anschluss und Ausgabe zur „View-Funktion“

## 4.2 Programmieren mit dem NXT



Abb. 14: NXT-Display „NXT Program“

Es ist sinnvoll vor der Programmierung am PC, die Schüler kleine Programmierübungen direkt mit dem NXT durchführen zu lassen. Auf diesem Wege gelingt es schnell, den im Handbuch auf den Seiten 8-23 beschriebenen Basisroboter in Bewegung zu setzen.



Abb. 15: Der Basisroboter

Wurde die „NXT Program“- Funktion gewählt, erscheint die unten abgebildete Anzeige. Hier ist abzulesen, dass die Aktoren und Sensoren wie folgt anzuschließen sind:



Port 1: Berührungsensor
Port 2: Geräuschsensör
Port 3: Lichtsensor
Port 4: Ultraschallsensor
Ausgang B: linker Motor
Ausgang C: rechter Motor

Abb. 16: NXT-Display Sensor- und Aktoranschlüsse

Hat man die Sensoren und Aktoren wie oben beschrieben angeschlossen und den NXT in das Basisrobotermodell eingebaut, bestätigt man mit der Eingabetaste um zur Programmieroberfläche zu gelangen.

#### 4.2.1 Programmierbefehle für den NXT



Wie auf der Abbildung zu erkennen, ist die Programmierung mit dem NXT auf fünf Programmschritte beschränkt (fünf aneinander gereihte Kästchen).

Abb. 17: NXT-Display „Programmieren“

Es stehen folgende Programmierungsmöglichkeiten zur Verfügung:



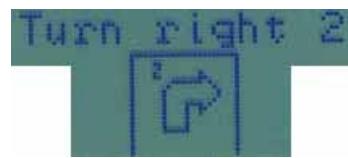
Beide Motoren fahren  
fünf Sekunden vorwärts.

Abb. 18: NXT-Programmbefehl



Beide Motoren fahren  
unbegrenzt vorwärts.

Abb. 19: NXT-Programmbefehl



Der Roboter dreht zwei Sekunden  
vorwärts rechts herum.

Abb. 20: NXT-Programmbefehl



Der Roboter dreht unbegrenzt  
vorwärts rechts herum.

Abb. 21: NXT-Programmbefehl

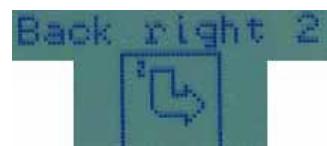


Abb. 22: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht zwei Sekunden rückwärts rechts herum.



Abb. 23: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht unbegrenzt rückwärts rechts herum.



Abb. 24: NXT-Programmbefehl

Der NXT gibt einen Ton von sich.



Abb. 25: NXT-Programmbefehl

Der NXT gibt einen Ton von sich.



Abb. 26: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht zwei Sekunden rückwärts links herum.



Abb. 27: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht unbegrenzt rückwärts links herum.

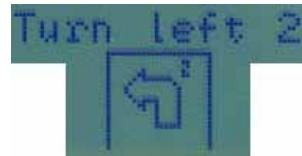


Abb. 28: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht zwei Sekunden vorwärts links herum.



Abb. 29: NXT-Programmbefehl

Der Roboter dreht unbegrenzt vorwärts links herum.

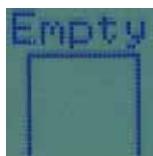


Abb. 30: NXT-Programmbefehl

Keine Eingabe.



Abb. 31: NXT-Programmbefehl

Beide Motoren fahren unbegrenzt rückwärts.

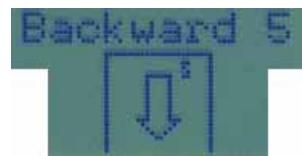


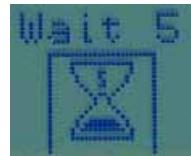
Abb. 32: NXT-Programmbefehl

Beide Motoren fahren fünf Sekunden rückwärts.



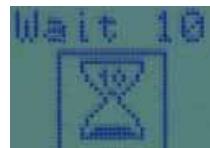
Abb. 33: NXT-Programmbefehl

Gewählte Aktion wird zwei Sekunden ausgeführt.



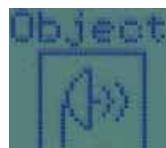
Gewählte Aktion wird fünf Sekunden ausgeführt.

Abb. 34: NXT-Programmbefehl



Gewählte Aktion wird zehn Sekunden ausgeführt.

Abb. 35: NXT-Programmbefehl



Objekterkennung durch den Ultraschallsensor.

Abb. 36: NXT-Programmbefehl



Warten auf Geräusch.

Abb. 37: NXT-Programmbefehl



Warten auf Licht.

Abb. 38: NXT-Programmbefehl



Warten auf Dunkelheit.

Abb. 39: NXT-Programmbefehl



Warten auf Druck.

Abb. 40: NXT-Programmbefehl



Das Programm stoppt.

Abb. 41: NXT-Programmbefehl



Das Programm wiederholt sich endlos.

Abb. 42: NXT-Programmbefehl



Startet das Programm.

Abb. 43: NXT-Programmbefehl

(Diese Auflistung der Programmierbefehle kann als Poster im LEGO®-Raum zur Übersicht für die Schüler aufgehängt werden.)

## 4.2.2 Programmierbeispiele

Die folgenden Programme stellen Möglichkeiten dar, die Sensoren des Basisrobotermodells zu testen.

### 1. Einsatz des Berührungssensors

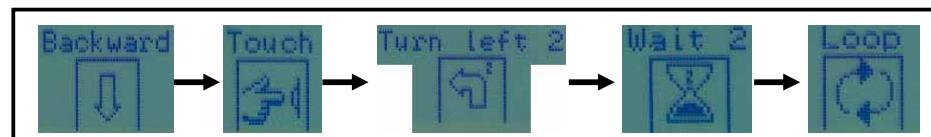


Abb. 44: Programmbeispiel Berührungssensor

### 2. Einsatz des Geräuschsensors

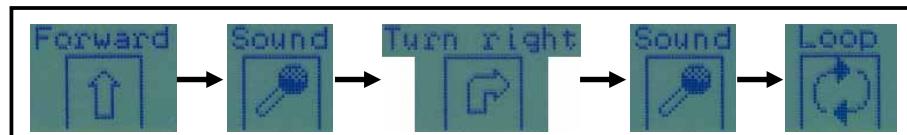


Abb. 45: Programmbeispiel Geräuschsensor

Bei der Verwendung des Geräuschsensors ist darauf zu achten, dass der Test des Programms in einer möglichst geräuscharmen Umgebung stattfindet. Schon Betriebsgeräusche der Computer können für einen falschen Ablauf des Programms sorgen.

### 3. Einsatz des Lichtsensors

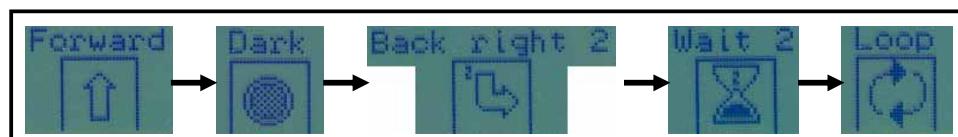


Abb. 46: Programmbeispiel Lichtsensor

Diese Programmierung ist für einen nach unten gerichteten Lichtsensor gedacht. Als Hilfsmittel wird dunkles Material (z.B. Isolierband oder Fotokarton) auf hellem Untergrund benötigt.

#### 4. Einsatz des Ultraschallsensors

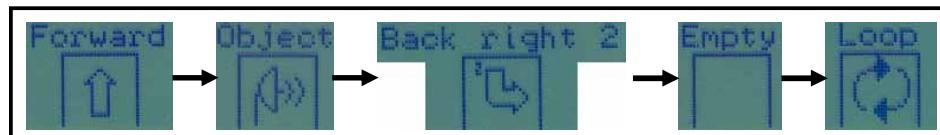


Abb. 47: Programmbeispiel Ultraschallsensor

## 5 Einarbeitung in die Software

### 5.1 Bedeutung von Symbolen und deren Funktion

#### 5.1.1 Die Programmieroberfläche

Die Programmieroberfläche ist in verschiedene Sektoren mit unterschiedlichen Funktionen gegliedert:

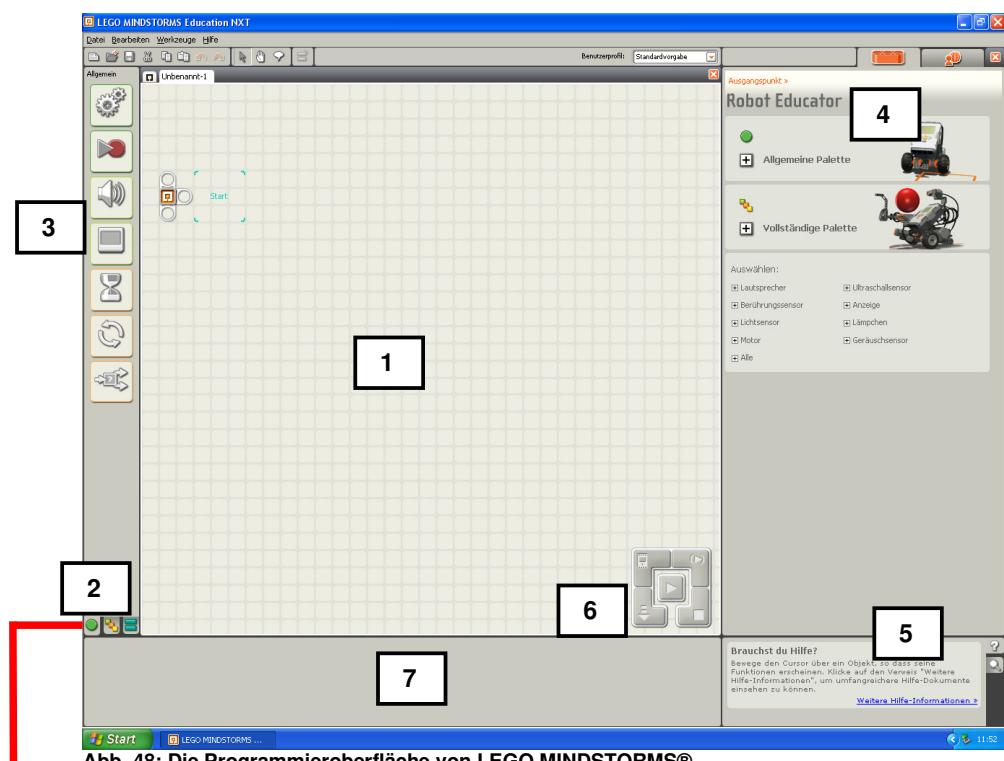


Abb. 48: Die Programmieroberfläche von LEGO MINDSTORMS®

**1** Programmierbereich: Hier werden die Programme aus den einzelnen Bausteinen zusammengesetzt.

**2** Werkzeugpaletten: Es stehen drei verschiedene Werkzeugpaletten zur Verfügung.

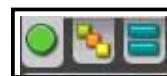


Abb. 49: Auswahl der Programmierpaletten

 Die allgemeine Palette: hier befinden sich die gängigsten Programmierblöcke.

 Die vollständige Palette: hier sind alle Programmierblöcke zu finden.

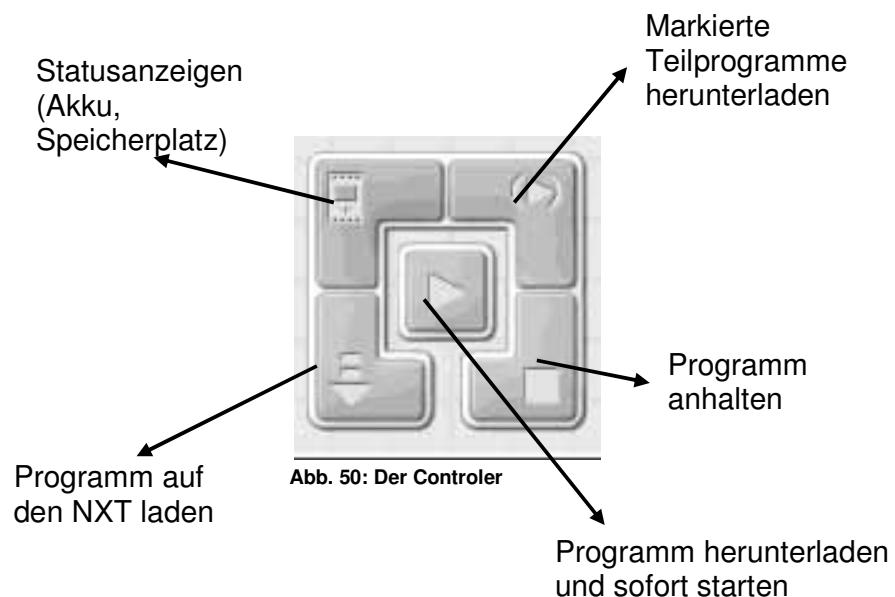
 Die eigene Palette: Blöcke, die selbst erstellt oder herunter geladen wurden.

 3 Werkzeugpalette: Hier werden die verschiedenen Programmblöcke ausgewählt.

 4 Robot Educator: Verschiedene Bauanleitungen und Demonstrationen können hier abgerufen werden.

 5 Hilfe- Fenster: Ausführliche Hilfe zur Programmierung.

 6 Der Controller: Über diese Schaltfläche kann die Software mit der NXT- Einheit kommunizieren.



7

Konfigurationseinheit: Jeder Programmierblock verfügt über Konfigurationsoptionen. Diese erscheinen, sobald man einen Block auf der Programmieroberfläche auswählt.

Beispiel Bewegungs-Block:

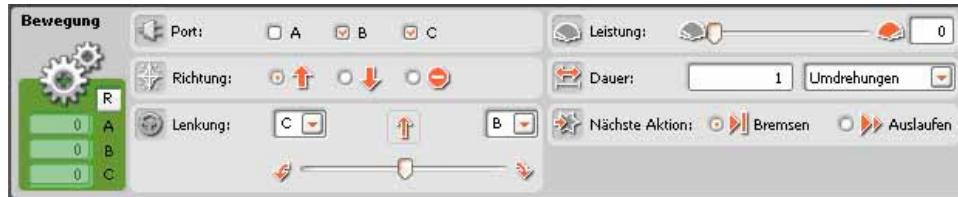


Abb. 51: Konfigurationseinheit des Bewegungs-Blocks

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, bietet die Konfigurationseinheit für den Motor folgende Optionen:

- Port:** Auswahl der anzusteuernden Motoren
- Richtung:** Einstellung der Laufrichtung der Motoren
- Lenkung:** Einstellung der Bewegungsrichtung
- Leistung:** Leistung der Motoren in Prozent
- Dauer:** Einstellung der Bewegungsdauer nach den Parametern „Unbegrenzt“, „Gradzahl“, „Umdrehungen“, „Sekunden“
- Nächste Aktion:** Auswahl, ob der Motor nach seiner letzten Aktion direkt bremsen oder auslaufen soll

Beispiel Warten auf Licht:



Abb. 52: Konfigurationseinheit des Warten-Blocks

- Steuerung:** Wahl zwischen Sensor- und Zeitsteuerung
- Sensor:** Auswahl des anzusteuernden Sensors
- Port:** Anschluss des gewählten Sensors
- Bis:** Auswahl des Grenzwertes mit Hilfe eines Schiebereglers oder über Prozentzahlen
- Funktion:** Zuschalten der im Sensors eingebauten Leuchtdiode

## 5.1.2 Die Werkzeugpaletten mit ihren Bausteinen



### Die allgemeine Palette

In der allgemeinen Palette sind die Bausteine folgendermaßen sortiert:



#### **Bewegungs-Block**

Hiermit werden die Motoren des Roboters gesteuert.

Abb. 53: Der Bewegungs-Block



#### **Aufnahme/Abspiel-Block**

Es können eigene Programmblöcke erstellt und abgespielt werden.

Abb. 54: Der Aufnahme/Abspiel-Block



#### **Klang-Block**

Einzelmelodien oder Klangdateien können abgespielt werden.

Abb. 55: Der Klang-Block



#### **Anzeige-Block**

Bilder, Texte oder Zeichnungen können auf dem Display angezeigt werden.

Abb. 56: Der Anzeige-Block



Abb. 57: Die Warten-Auswahl

#### **Warten auf ...**

Fährt man mit dem Cursor über das „Warten-Symbol“, erscheint diese Auswahl.

Abb. 58: Die allgemeine Palette



### Zeit

Erst nach Ablauf der eingegebenen Zeit läuft das Programm weiter.

Abb. 59: Der „Warten auf Zeit-Block“



### Druck

Erst nach Betätigung des Berührungssensors springt das Programm zum nächsten Block.

Abb. 60: Der „Warten auf Druck-Block“



### Licht

Erst nach Messung des eingegebenen Lichtwertes springt das Programm zum nächsten Block.

Abb. 61: Der „Warten auf Licht-Block“



### Klang

Erst nach Messung der eingestellten Lautstärke springt das Programm zum nächsten Block.

Abb. 62: Der „Warten auf Klang-Block“



### Distanz

Erst nach erreichen der festgelegten Distanz zu einem Objekt springt das Programm zum nächsten Block.

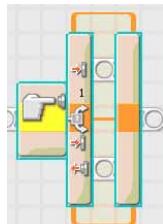
Abb. 63: Der „Warten auf Distanz-Block“



### Schleifen-Block

Programmteile können wiederholt werden. Entweder unendlich, zeitlich- oder signalbegrenzt oder nach Erreichen angegebener Durchlaufzahlen.

Abb. 64: Der Schleifen-Block

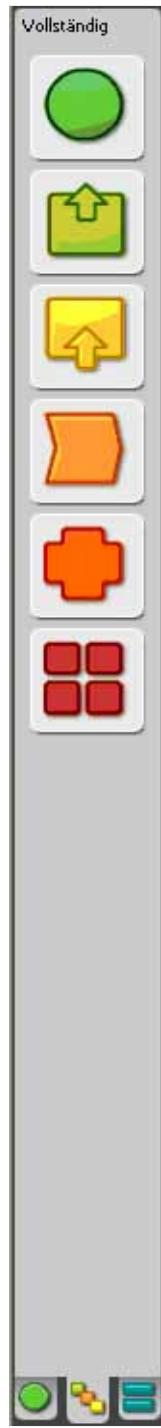


### Schalt-Block

Sensorgesteuerte Logikentscheidungen („Entweder-Oder“) bestimmen den weiteren Programmablauf.

Abb. 66: Die allgemeine Palette

Abb. 65: Der Schaltblock



### Die vollständige Palette



#### Allgemeine Palette

Unter diesem Punkt befinden sich die Steuerelemente der oben beschriebenen „Allgemeine Palette“.

Abb. 67: Der Allgemeine Palette-Button



#### Aktion

Unter diesem Punkt befinden sich die Funktionen der Aktoren.

Abb. 68: Der Aktion-Block



#### Sensoren

Mit diesen Blöcken werden laufend Sensorwerte abgefragt und mit Vorgaben verglichen. Diese können als Daten an andere Blöcke übertragen werden.

Abb. 69: Der Sensoren-Button



#### Ablauf

Unter diesem Punkt befinden sich die Blöcke aus „Warten auf...“, der „Schleifenblock“, der „Schaltblock“ und zusätzlich noch die „Stopfunktion“.

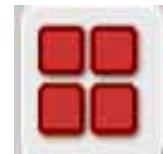
Abb. 70: Der Ablauf-Button



#### Daten

Unter diesem Punkt befinden sich Blöcke, die Sensor- und Aktorwerte verarbeiten können.

Abb. 71: Der Daten-Button



#### Großer Funktionsumfang

Unter diesem Punkt befinden sich nützliche Hilfsfunktionen.

Abb. 72: Der Großer Funktionsumfang-Button



Abb. 74: Das  
Aktionsblöcke-  
Menü

## Aktionsblöcke



### Motor-Block

Hiermit lassen sich einzelne Motoren ansteuern.



### Klang-Block

Einzelmelodien oder Klangdateien können abgespielt werden.



### Anzeige-Block

Bilder, Texte oder Zeichnungen können auf dem Display angezeigt werden.



### Nachrichtensende-Block

Mit dieser Funktion können Nachrichten via Bluetooth von einem NXT zum nächsten gesendet werden.

Abb. 78: Der Nachrichtensende-Block



Abb. 79: Der  
Motor\*-Block

### Motor\*-Block

Mit diesem Block können die Motoren des „alten“ LEGO MINDSTORMS®-System über das Adapterkabel gesteuert werden.



Abb. 80: Der Lampen\*-Block

### Lampen\*-Block

Mit diesem Block können über das Adapterkabel die Lampen angesteuert werden.

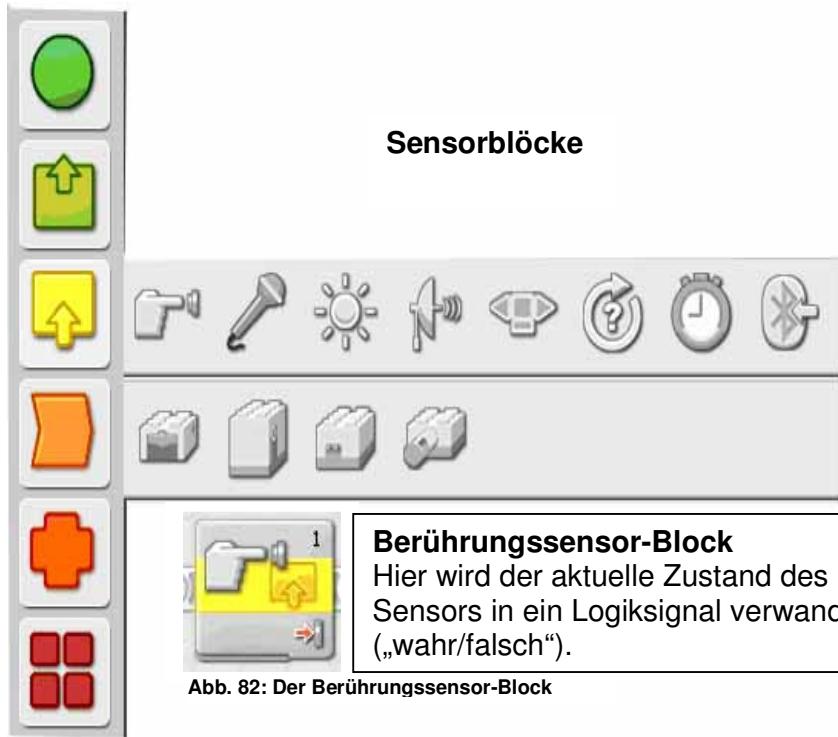


Abb. 81: Das Sensorblöcke-menü



### Berührungssensor-Block

Hier wird der aktuelle Zustand des Sensors in ein Logiksignal verwandelt („wahr/falsch“).



### Geräuschsensor-Block

Hier wird der aktuelle Zustand des Sensors in ein Logiksignal verwandelt („wahr/falsch“).



### Lichtsensor-Block

Hier wird der aktuelle Zustand des Sensors in ein Logiksignal verwandelt („wahr/falsch“).



### Ultraschallsensor-Block

Hier wird der aktuelle Zustand des Sensors in ein Logiksignal verwandelt („wahr/falsch“).



### NXT-Tasten-Block

Wird eine Taste des NXT gedrückt, erkennt die Logikschaltung „wahr“.

Abb. 86: Der NXT-Tasten-Block



### Drehsensor-Block

Der Sensor misst und vergleicht Gradzahlen/Umdrehungen und kann die Werte an andere Blöcke senden.

Abb. 87: Der Drehsensor-Block



### Timer-Block

Der Block kann Werte der integrierten Timer auslesen, vergleichen oder die Timer zurücksetzen.

Abb. 88: Der Timer-Block



### Nachrichteneingangs-Block

Der Block kann eingegangenen Nachrichten wiedergeben oder sie in ein Logiksignal umwandeln („wahr/falsch“).

Abb. 89: Der Nachrichteneingangs-Block

Für die Verwendung der folgenden Sensoren wird das Adapterkabel benötigt, da diese Bauteile aus dem Vorgängersystem „LEGO MINDSTORMS® Schule“ stammen.



### Berührugssensor\*-Block

Hier wird der aktuelle Zustand des Sensors in ein Logiksignal verwandelt („wahr/falsch“).

Abb. 90: Der Berührugssensor\*-Block



### Drehsensor\*-Block

Eine Umdrehung entspricht 16 Teilumdrehungen. Diese werden als Logiksignal („wahr/falsch“) weitergegeben.

Abb. 91: Der Drehsensor\*-Block



### Lichtsensor\*-Block

Die aktuelle Lichtstärke wird als Logiksignal („wahr/falsch“) oder als Zahlenwert weitergegeben.

Abb. 92: Der Lichtsensor\*-Block



### Temperatur\*-Block

Die aktuelle Temperatur wird als Logiksignal („wahr/falsch“) oder als Zahlenwert weitergegeben.

Abb. 93: Der Temperatursensor\*-Block

## Ablaufblöcke



Die „Warten auf...“- Blöcke, sowie der Schleifen- und Schalterblock wurden bereits in der allgemeinen Palette erläutert.



### Stop-Block

Mit diesem Block werden alle aktiven Motoren, Lampen, Klänge und das ganze Programm gestoppt.

Abb. 95: Der Stop-Block

Abb. 94: Das Ablaufblöcke-menü



Abb. 96: Das Ablaufblöcke-menü

## Datenblöcke



Abb. 97: Der Logik-Block

### Logik-Block

Hier werden eingehende Daten mit den logischen Operationen „UND“, „ODER“, „EXKLUSIV-ODER“ und „NICHT“ verarbeitet.

Abb. 98: Der Mathe-Block

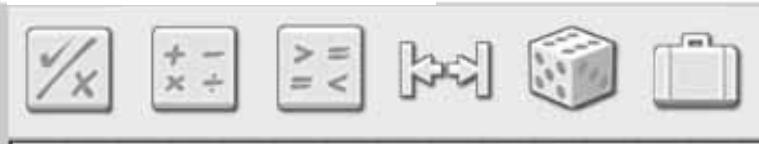


Abb. 98: Der Mathe-Block



Abb. 99:

Abb. 99: Der Vergleichs-Block

### Vergleichs-Block

Dieser Block vergleicht aktuelle Zahlen mit eingegebenen Zahlen mit Hilfe von:  
 $>$ ,  $<$ ,  $=$ .

Abb. 99: Der Vergleichs-Block

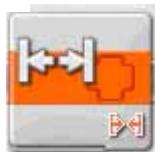


Abb. 100: Der Bereichs-Block

### Bereichs-Block

Mit diesem Block wird überprüft, ob sich eine Zahl im vorgegebenen Bereich befindet.

Abb. 100: Der Bereichs-Block



Abb. 101: Der Zufalls-Block

### Zufalls-Block

Dieser Block erzeugt zufällige Zahlen und leitet diese an andere Blöcke weiter.



Abb. 102: Der Variablen-Block

### Variablen-Block

Hier können vorher definierte Variablen-Blöcke ins Programm eingebaut werden.

## Großer Funktionsumfang



### Text-Block

Dieser Block fügt Textstücke zu Sätzen zusammen.



### Zahl-Text-Konvertierungs-Block

Dieser Block wandelt Zahlen in Text um und zeigt diesen auf dem Display an.



### Lebenserhaltungs-Block

Mit Hilfe dieses Blocks kann ein Wechsel des NXT in den Schlafmodus verhindert werden.

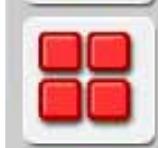


Abb. 103: Das Großer Funktionsumfangsmenü



### Dateizugriffs-Block

Dieser Block speichert, liest und löscht Daten auf dem NXT.

Abb. 107: Der Dateizugriffs-Block



### Kalibrierungs-Block

Der Block ermöglicht die Festlegung der Grenzwerte des Geräusch- und Lichtsensors.

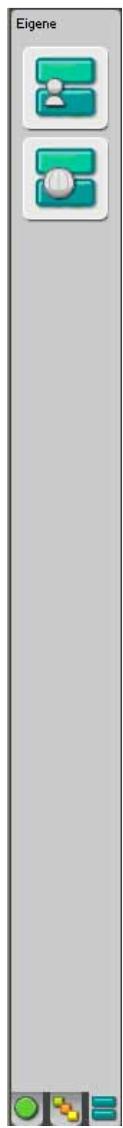
Abb. 108: Der Kalibrierungs-Block



### Motorzurücksetzungs-Block

Mit Hilfe dieses Blocks wird die Fehlerkorrektur der Servomotoren ausgeschaltet.

Abb. 109: Der Motorzurücksetzungs-Block



### Die eigene Palette



#### Eigene Blöcke

Hier können selbst erstellte Blöcke ins Programm eingebaut werden.

Abb. 111: Die eigenen Blöcke



#### Web-Downloads

Hier können aus dem Internet herunter geladene Blöcke ins Programm eingebaut werden.

Abb. 112: Der Web-Download-Block

## 5.2 Programmierbeispiele

Die folgenden Programme sind als Anregung und zum Kennenlernen der LEGO MINDSTORMS®-Software gedacht.

Zu Beginn werden einige einfache, schnell nachvollziehbare Beispiele gebracht. Im weiteren Verlauf nimmt die Komplexität der Programmierungen durch die Verwendung mehrerer Programmierbausteine und deren Verknüpfung zu.

Alle Programme sind für den Einsatz des Basisrobotermodells gedacht.

### 1. Fahren und Wenden

Der Roboter soll 5 Sekunden geradeaus fahren, eine 180° Wende machen, zum Ausgangspunkt zurückkehren und einen Ton abspielen.

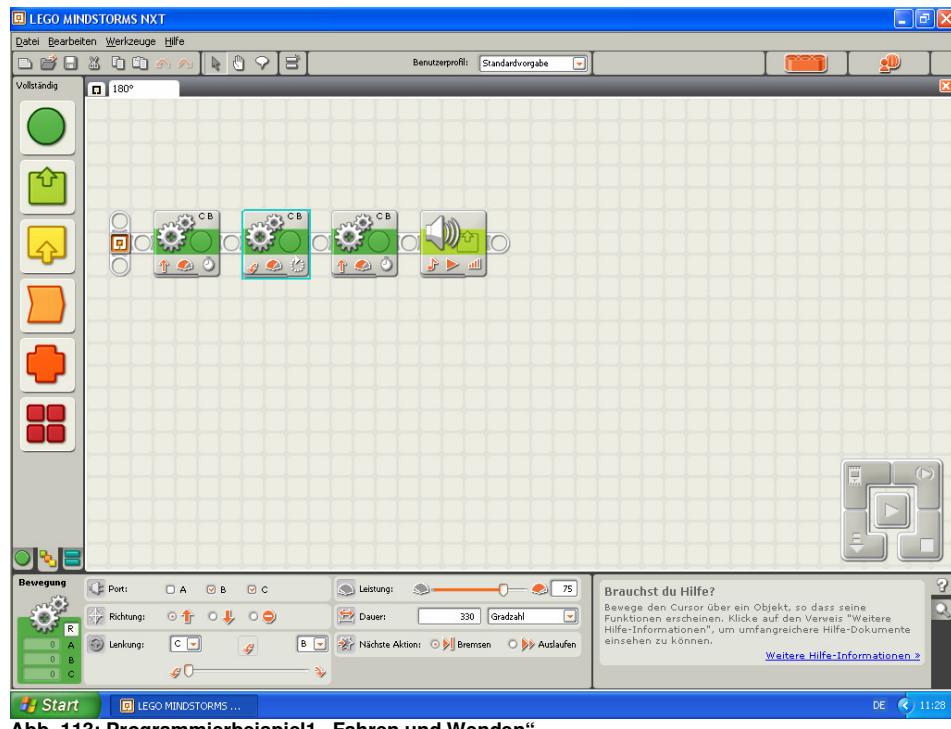


Abb. 113: Programmierbeispiel1 „Fahren und Wenden“

Tipp: Das Erreichen einer 180°-Drehung kann auf verschiedenen Wegen realisiert werden. In diesem Fall wurde dies über eine 330°-Umdrehung eines Motors erreicht. Der Wert wurde durch

Ausprobieren ermittelt. Weitere Möglichkeiten bestehen in der Angabe der Drehdauer oder der Umdrehungszahl.

## 2. „Über die Wand kann ich nur lachen“

Der Roboter soll solange rückwärts fahren bis er gegen eine Wand fährt. Dann soll er eine Klangdatei „Lachen“ abspielen und von der Wand wegfahren.

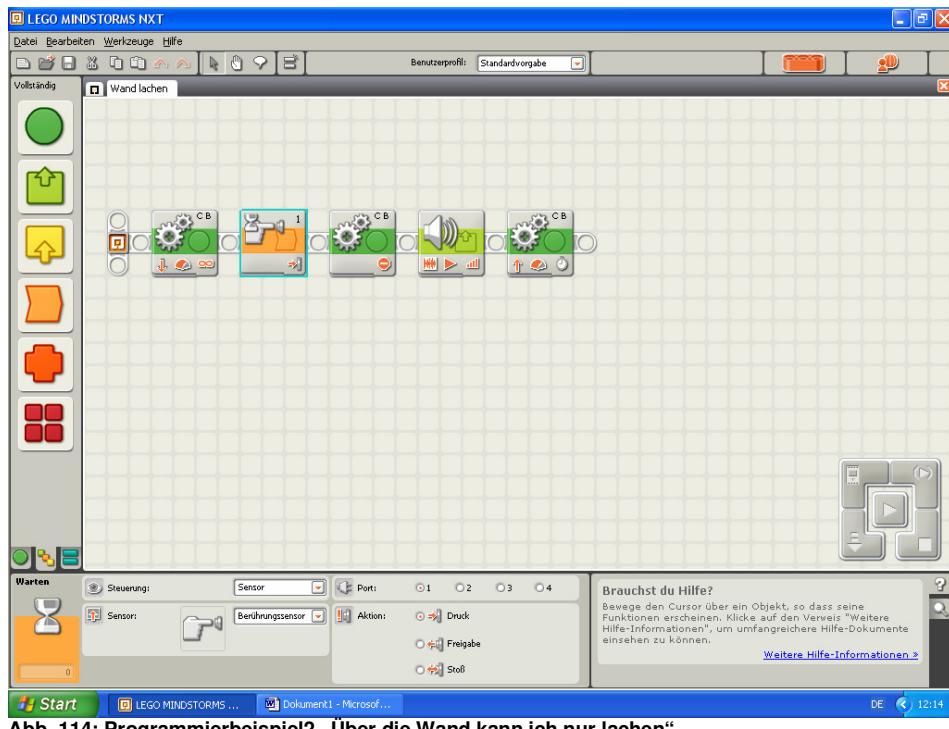


Abb. 114: Programmierbeispiel2 „Über die Wand kann ich nur lachen“

## 3. Zufallsdrehung

Der Roboter soll entscheiden, ob er eine Sekunde links oder rechts herum drehen. Die Entscheidung soll mit Hilfe des Zufallsgenerators ermittelt werden. Ist der generierte Wert kleiner 100 soll der Roboter links drehen, liegt er zwischen 100 und 200 soll er rechts drehen. Auf dem Display soll „rechts“ oder „links“ angezeigt werden. Danach fährt der Roboter noch eine Sekunde vorwärts.

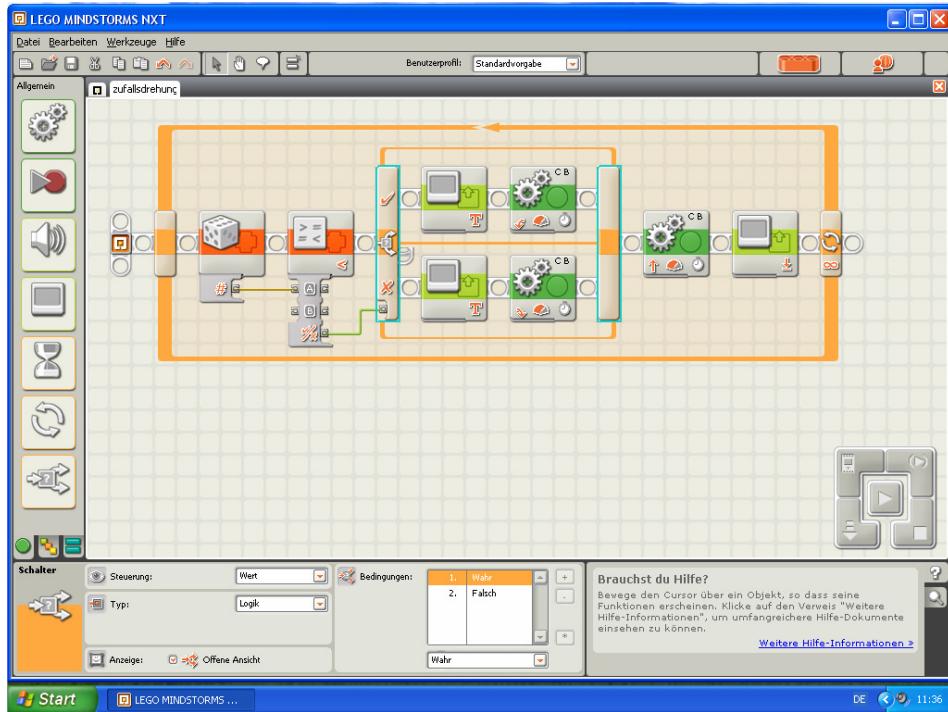


Abb. 115: Programmierbeispiel3 „Zufallsdrehung“

#### 4. Sensoren im Einsatz

In diesem Programm werden der Ultraschall-, der Licht- und der Geräuschsensor benötigt. Der Roboter soll geradeaus fahren und wie folgt reagieren: Kommt er einem Objekt näher als 30 cm soll er eine Sekunde rechts drehen und „Object“ rufen. Fährt er über eine weiße Linie soll er anhalten, „white“ rufen, kurz zurück fahren und eine Rechtsdrehung machen. Ruft man ihm zu soll er stoppen, „loud“ rufen und sich drei Sekunden im Kreis drehen.

Hinweis: Da das Programm sehr groß ist, ist die folgende Abbildung aus mehreren Screenshots zusammengesetzt.

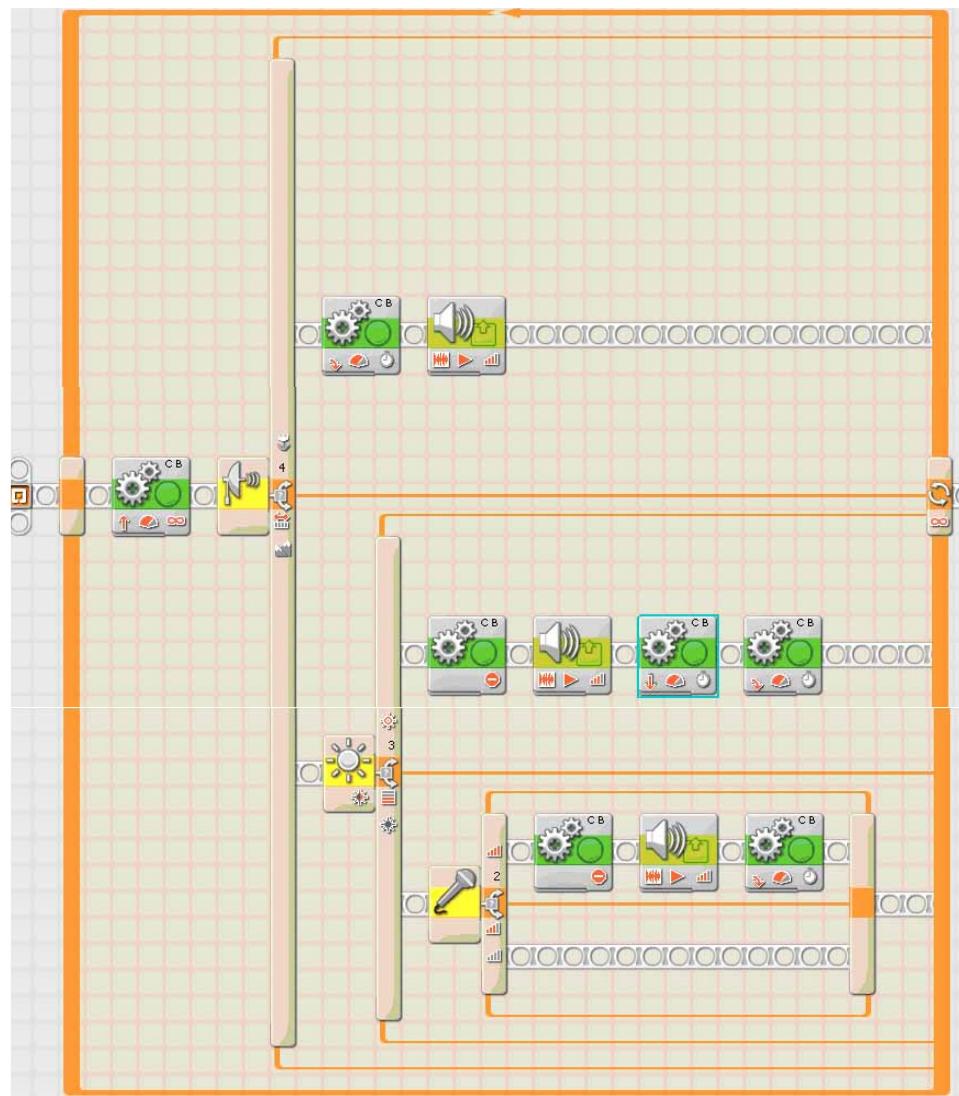


Abb. 116: Programmierbeispiel4 „Sensoren im Einsatz“

## 6 Sensoren und Aktoren

### 6.1 Definition

#### Sensoren

„Sensoren sind Meßwertaufnehmer, die zur Gewinnung von Informationen über Meßobjekte hierfür bedeutsame Eingangssignale aufnehmen und in geeignete, meist elektrische Ausgangssignale überführen.“<sup>1</sup>

#### Aktoren

„Aktoren (oder Aktuatoren) sind Funktionseinheiten, die Signale mit einer Hilfsenergie in Aktion umsetzen.“<sup>2</sup>

„In den 70er Jahren entstand der Begriff **SENSOR** (lat. sensus: Gefühl, Empfindung). Entsprechend entstand für die ausführenden Elemente von Steuerungen der Begriff **AKTOR**.“<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Beitz, W. / Grote, K.-H. (Hrsg.), *Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau*, Springer Verlag, 20. Auflage, Berlin 2001, S. W6.

<sup>2</sup> Beitz, W. / Grote, K.-H. (Hrsg.), *Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau*, Springer Verlag, 20. Auflage, Berlin 2001, S. W7.

<sup>3</sup> Hartmann, E./ Hein, Ch. (Hrsg.), *Duden Technik – Basiswissen Schule*, Paetec Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin und bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 2001, S. 223

## 6.2 Vorhandene Sensoren und Aktoren



Abb. 117: Sensoren und Aktoren am NXT

Im LEGO MINDSTORMS® education-System sind folgende Sensoren und Aktoren enthalten:

### Sensoren

Berührungssensor, Geräuschsensor, Lichtsensor, Ultraschallsensor, NXT-Tasten, integrierter Drehsensor, integrierte Timer, Bluetooth™-Empfänger

### Aktoren

Servo-Motoren, Lautsprecher, NXT-Display, Lampe, Bluetooth™-Sender

Wie in Punkt 5.1.2 bereits erläutert wurde, ist das LEGO MINDSTORMS® education-System auch mit dem „alten“ LEGO MINDSTORMS® Schule-System kompatibel. Mit Hilfe des mitgelieferten Adapterkabels können die Sensoren und Aktoren dieses Systems auch an den NXT angeschlossen werden. Da jedoch die Funktion der alten Sensoren und Aktoren größtenteils mit denen des neuen Systems übereinstimmen, wird an dieser Stelle nicht weiter auf sie eingegangen.

## 6.3 Aufbau und Funktion der Sensoren und Aktoren

### Die Sensoren

Die zu einigen Sensoren beigefügten Schaltpläne können als Vorlage zum Nachbau der Sensoren im Unterricht dienen.

### Der Berührungssensor



Abb. 118: Der Berührungssensor

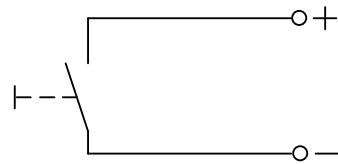


Abb. 119: Schaltplan Berührungssensor

Der Berührungssensor ist nach dem Prinzip des Tasters aufgebaut. Somit kann er nur zwei verschiedene Signale ausgeben: „1“ bei geschlossenem Stromkreis und „0“ bei geöffnetem Stromkreis.

### Der Geräuschsensor



Abb.120: Der Geräuschsensor

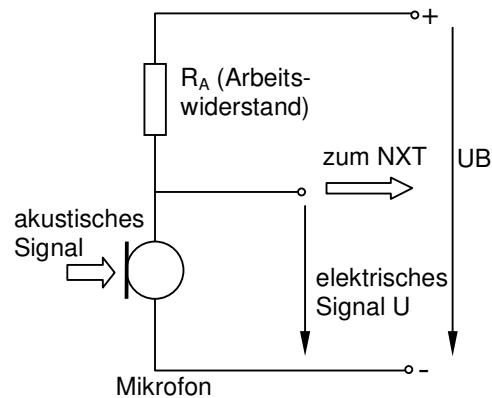


Abb. 121: Schaltplan Geräuschsensor

Der Sensor reagiert auf ein Geräusch, indem sich sein Widerstand und somit die Spannung des ausgegebenen elektrischen Signals ändert. Die Werte werden im Bereich von 0 bis 100 angegeben.

## Der Lichtsensor



Abb. 122: Der Lichtsensor

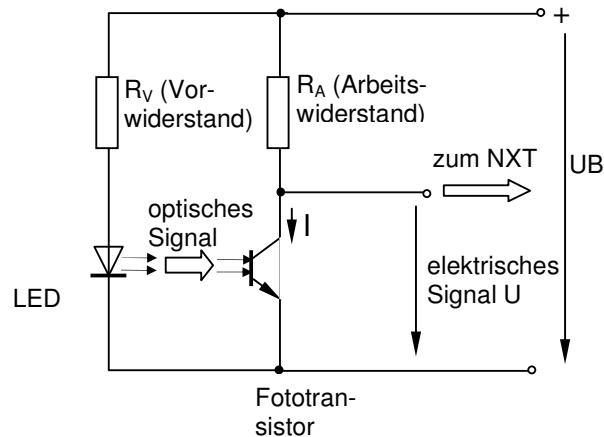


Abb. 123: Schaltplan Lichtsensor

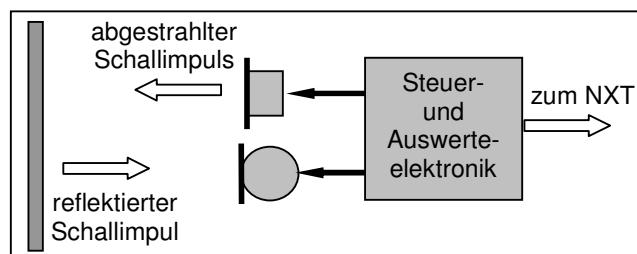
Der Lichtsensor funktioniert auf ähnliche Weise wie der Geräuschsensor. Er ändert seinen Widerstand und somit die Spannung seines elektrischen Ausgangssignals. Zusätzlich kann bei dem Sensor noch die rote Diode als Lichtquelle hinzugeschalten werden. Dadurch gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten der Lichtmessung: 1. Der Sensor misst nur das Umgebungslicht (Leuchtdiode ist ausgeschaltet); 2. Der Sensor misst die Menge des reflektierten Lichts der roten Leuchtdiode, somit können verschiedene Farben ermittelt werden.

Beim Messen mit zugeschalteter Leuchtdiode ist darauf zu achten, dass es bei unebenen Gegenständen zu Messungenauigkeiten kommen kann, da das Licht unregelmäßig reflektiert wird.

## Der Ultraschallsensor



Abb. 124 Der Ultraschallsensor   Abb. 125 Funktionserläuterung des Ultraschallsensors



Der Ultraschallsensor dient zur Entfernungsmessung. Er kann Entfernungen zwischen ca. 7 cm bis maximal 280 cm erfassen. Durch

den Ultraschallsender werden akustische Impulse ausgesendet. Der Empfänger registriert die reflektierten Wellen. Die Steuer- und Auswerteelektronik berechnet die Differenz zwischen Aussende- und Empfangszeitpunkt. Mit Hilfe dieses Zeitwertes wird die Entfernung zum Hindernis errechnet.

### Die NXT-Tasten



Abb. 126: Die NXT-Tasten

Die NXT-Tasten haben dieselbe Funktion wie der Berührungssensor. Jedoch besteht hier die Möglichkeit die Signaltaste (linke Taste, Eingabetaste, rechte Taste) frei zu wählen.

### Der integrierte Drehsensor



Abb. 127: Motor mit integriertem Drehsensor

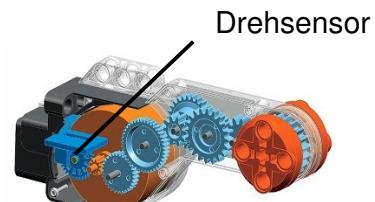


Abb. 128: Schema des Motors mit Drehsensor

Der im Motor integrierte Drehsensor kann die Drehung des Motors auf ein Grad genau messen. Diese Funktion wird durch den Einsatz einer Gabellichtschranke erfüllt, die durch eine Lochscheibe mit 12 Löchern angesteuert wird. Mit Hilfe der Gabellichtschranke und dem entsprechenden Übersetzungsverhältnis des Getriebes, ist eine Steuerung auf ein Grad genau möglich.

Auch ohne den Motor anzusteuern ist es möglich den Sensor zu verwenden. Zu bedenken ist allerdings, dass der Motor bei

Rotationsmessung mitbewegt werden muss (ein gleichmäßiger Kraftaufwand ist nötig).

Ebenfalls ist darauf zu achten, dass der Drehsensor immer an einen der Aktorports (A, B oder C) angeschlossen werden muss.

### **Die integrierten Timer**



Abb. 129: Symbol für den Timer

Der NXT-Baustein verfügt über drei integrierte Timer. Jeder der drei Timer ist einzeln anwähl- und einsetzbar und funktioniert ähnlich wie eine Zeitschaltuhr.

### **Der Bluetooth™-Empfänger**



Abb. 130: Symbol für den Bluetooth™-Empfang

Über den Bluetooth™-Empfänger ist es dem NXT-Baustein möglich Daten von anderen Bausteinen oder dem Computer zu empfangen. Er ist im Gehäuse integriert und braucht nicht extra angeschlossen werden.

## Die Aktoren

### Die Servo-Motoren

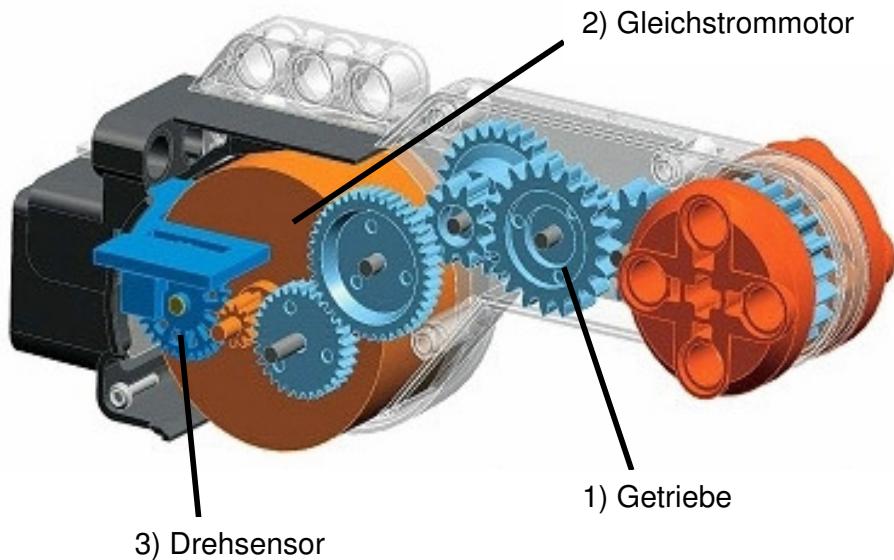


Abb. 131: Schema des Servomotors

Öffnet man das Gehäuse eines Servomotors, werden folgende Bauteile sichtbar: das Getriebe (1), der Gleichstrommotor (2) und der Drehsensor (3). Durch die Kopplung von Gleichstrommotor und Drehsensor über das Zahnrad auf der Motorwelle werden die Motoren als Servomotoren verwendet.

### Der Lautsprecher



Abb. 132: Lautsprecher

Im NXT ist ein Lautsprecher integriert. Über diesen können Töne, Melodien und Klangdateien abgespielt werden.

## **Das NXT-Display**



Abb. 133: Das NXT-Display

Über das LCD-Display des NXT können verschiedene Grafiken, Texte und Zahlen ausgegeben werden.

## **Die Lampe**



Abb. 134: Die Lampe

Über das Adapterkabel kann die Lampe an einen der Aktorports angeschlossen werden.

## **Der Bluetooth™-Sender**



Abb. 135: Symbol für den Bluetooth™-Versand

Mit Hilfe des Bluetooth™-Senders ist es dem NXT-Baustein möglich Daten an andere Bausteinen oder an den Computer zu senden. Er ist im Gehäuse integriert und braucht nicht extra angeschlossen werden.

## 7 Fazit

Bei unserer Arbeit mit dem LEGO MINDSTORMS® education-System und auch in Gesprächen mit Lehrern die damit arbeiten, konnten wir Vor- und Nachteile für den Einsatz des Systems im Unterricht feststellen und heraus arbeiten.

Da wir bereits mit dem Vorgänger System von LEGO MINDSTORMS® (mit RCX-Einheit) vertraut waren, entstand bei uns der Eindruck eines sehr abstrakten, nicht an den typischen LEGO®-Charakter angelehnten Baukastens. Durch die neue Form der Steckverbindungen ist ein freies Konstruieren für die Schüler nicht mehr so einfach möglich. Im Gegensatz zu dem alten System knüpft es nicht mehr direkt an die Erfahrungswelt der Kinder an. Dies ist ein großer Nachteil dieses Systems, da die Kreativität und der Ideenfluss der Schüler eingeschränkt werden.

Die direkte Programmierung der NXT-Bausteine ohne PC-Einsatz stellt einen Vorteil dar, da so ein sehr schneller und einfacher Einstieg in den Umgang mit LEGO®-Robotik gelingt.

Einen weiteren Vorteil bietet das Kommunizieren mittels Bluetooth™ der NXT-Einheiten untereinander. Durch dieses Feature sind auch größere Projekte zu verwirklichen.

Nach der Einarbeitung in die neue Software haben wir schnell erkannt, dass die Anwendungsmöglichkeiten im Vergleich zum alten System deutlich gestiegen sind. Dies liegt in der Hauptsache an der Vielzahl der Sensoren und Aktoren und in der Möglichkeit diese interaktiv miteinander zu verbinden.

Die Stärke des Systems, seine Vielfältigkeit, kann sich aber auch zum Nachteil wandeln. Zum Erlernen und Verstehen ist eine klare Strukturierung des Vorgehens nötig. Ein völlig freies Experimentieren der Schüler führt meist nicht zum gewünschten Erfolg. Daher ist die Ausarbeitung eines Konzepts zur Einführung in der Schule unabdingbar.

## 8 Anhang

### Der Sortierer

Dieses Modell ist in der Lage mit Hilfe eines Lichtsensors gelbe, rote und schwarze Steine voneinander zu unterscheiden und in verschiedene Fächer zu sortieren.

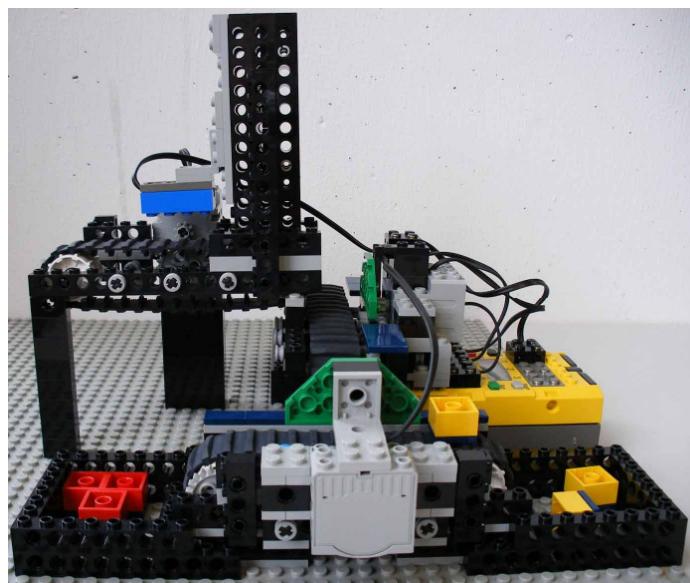


Abb. 136: Der Sortierer I

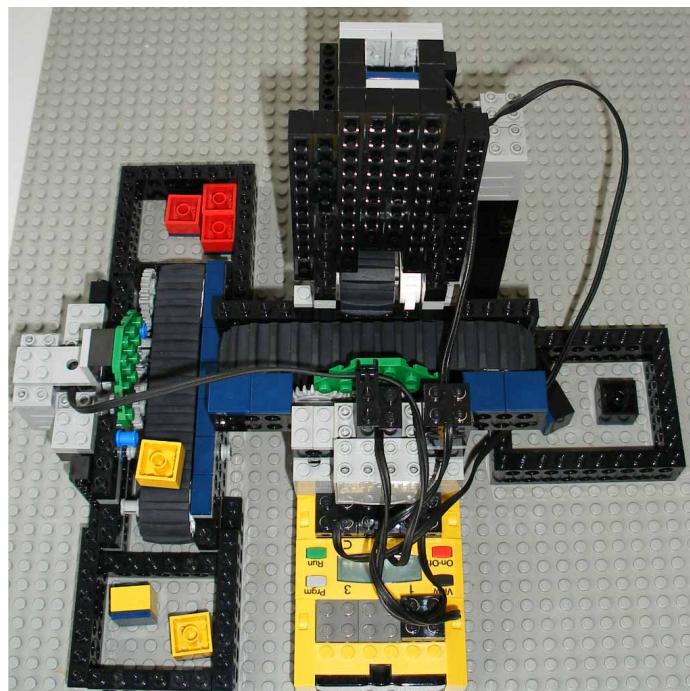


Abb. 137: Der Sortierer II

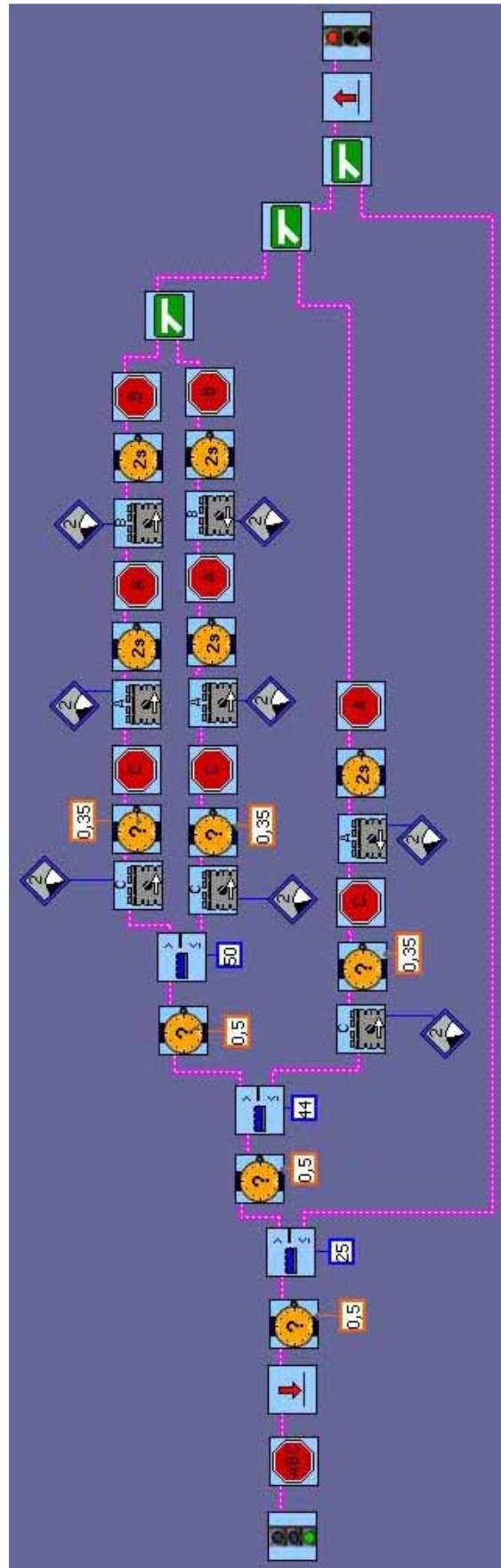


Abb. 138: Programm Sortierer

### „Der Blinde Kuh-Roboter“

Dieser Roboter fährt in einem abgetrennten Bereich. Stößt er gegen eine Wand dreht er sich und fährt weiter. Findet er mit dem Lichtsensor eine schwarze Dose bleibt er stehen und schlägt mit seinem Arm auf die Dose.

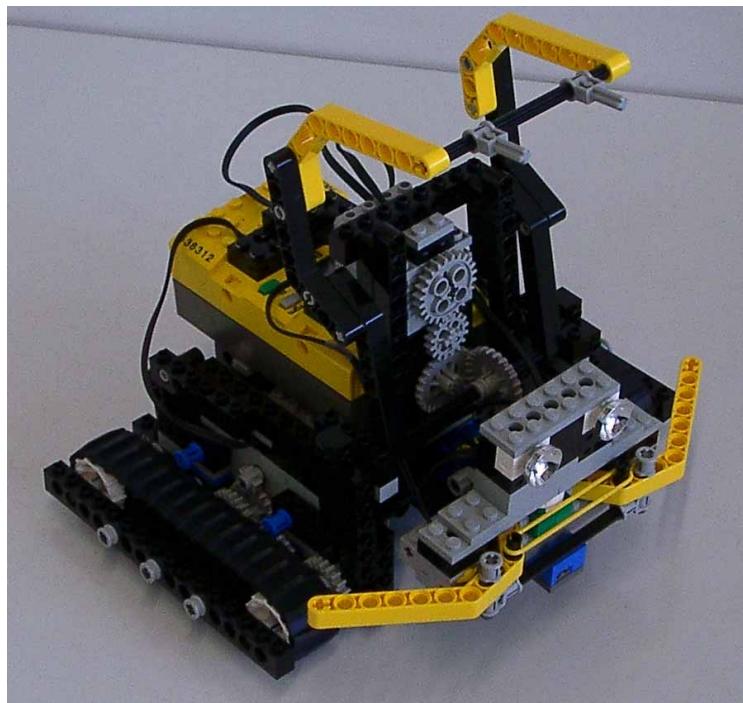


Abb. 139: Der Blinde Kuh-Roboter I

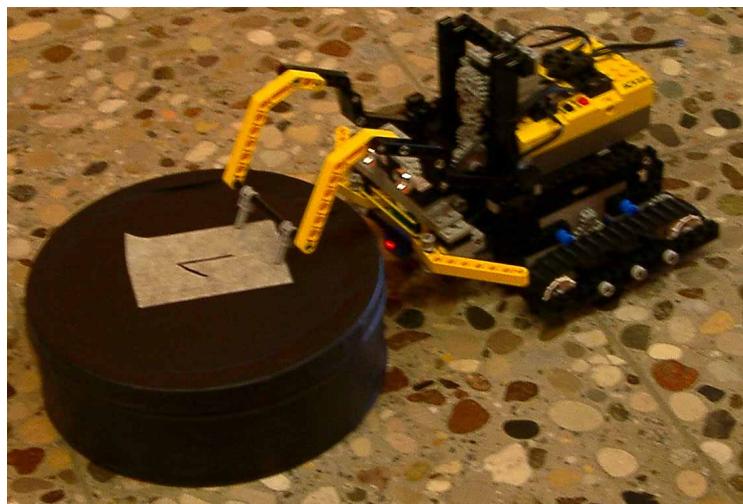


Abb. 140: Der Blinde Kuh-Roboter II

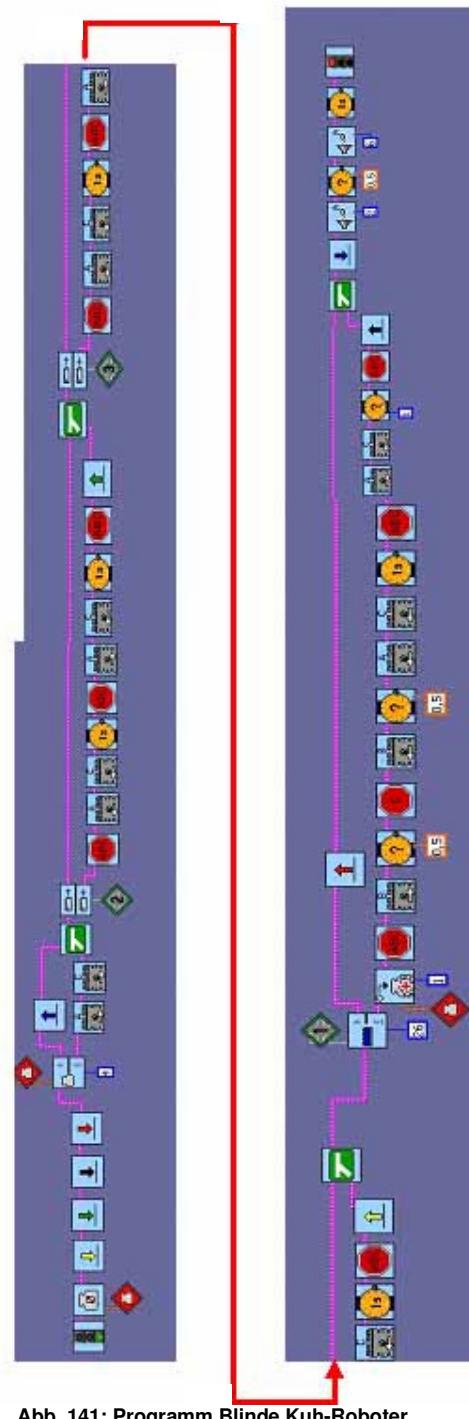


Abb. 141: Programm Blinde Kuh-Roboter

## Der Linienfolger (zwei Sensoren)

Dieser Roboter folgt mit Hilfe von zwei Lichtsensoren einer schwarzen Linie auf weißem Untergrund.

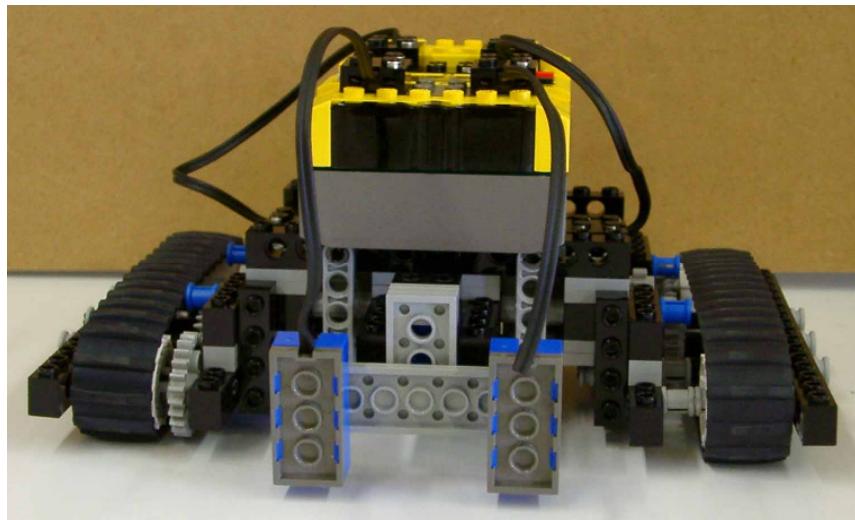


Abb. 142: Der Linienfolger (zwei Sensoren) I

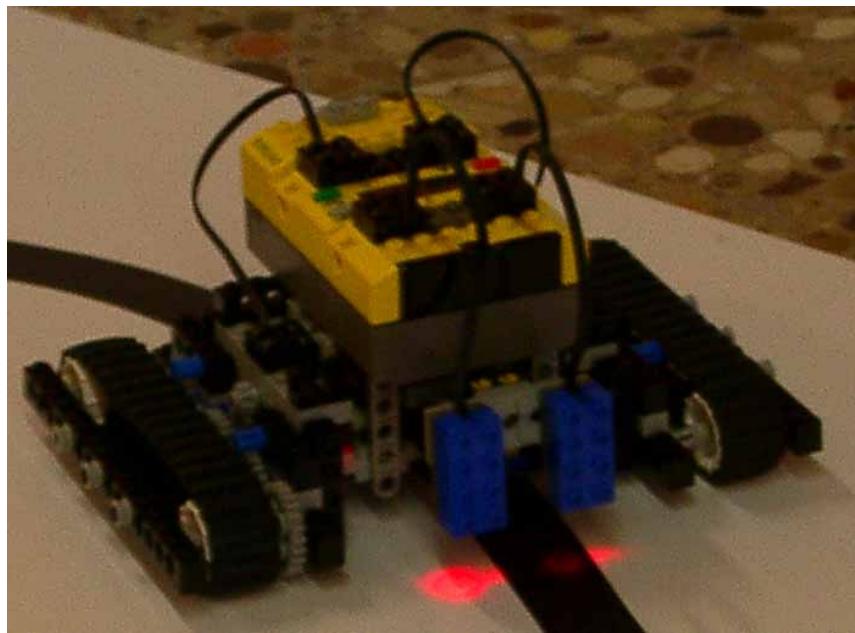


Abb. 143: Der Linienfolger (zwei Sensoren) II

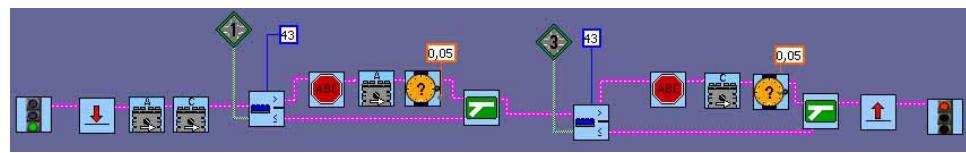


Abb. 144: Programm Linienfolger (zwei Sensoren)

## Der Linienfolger (Ein Sensor)

Dieser Roboter folgt mit Hilfe eines Sensors einer schwarzen Linie auf weißem Untergrund.

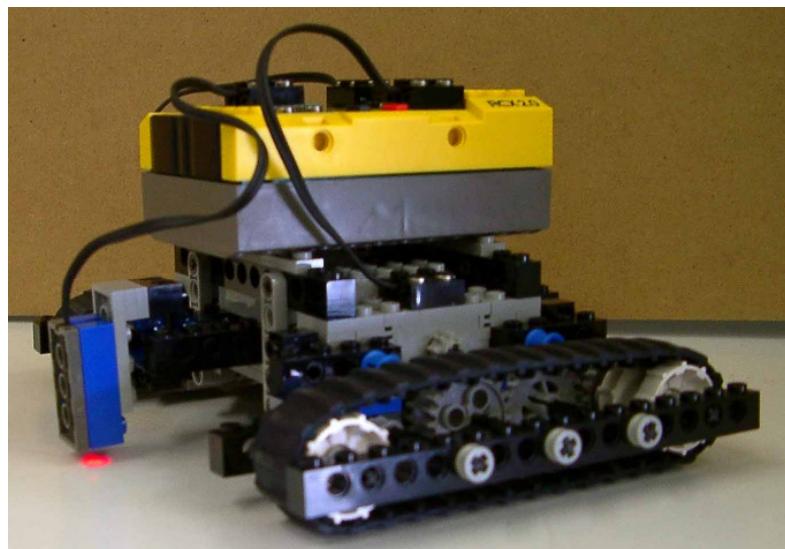


Abb. 145: Der Linienfolger (ein Sensor) I

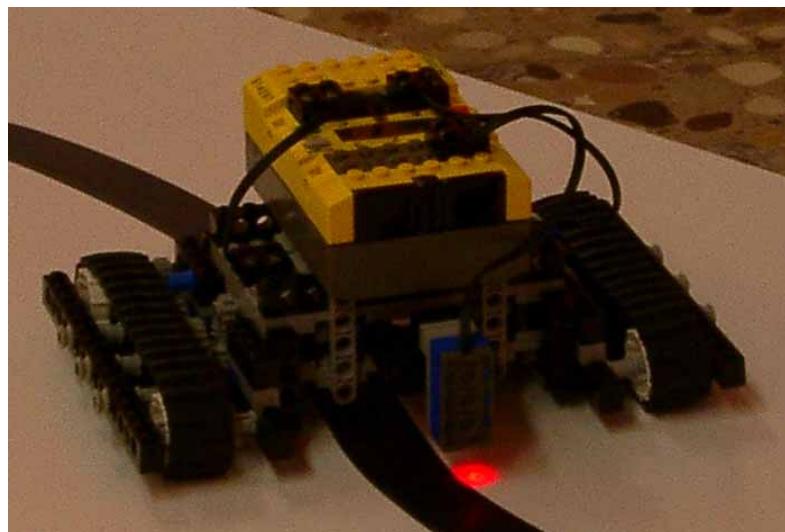


Abb. 146: Der Linienfolger (ein Sensor) II

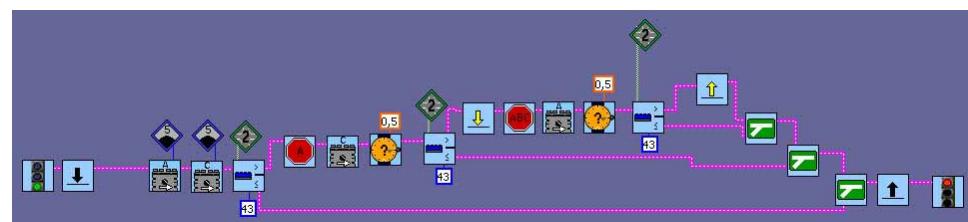


Abb. 147: Programm Linienfolger (ein Sensor)

## Der Stapler

Dieser Roboter fährt entlang einer schwarzen Linie bis diese endet. Dann hebt er ein Frachtstück hoch, dreht sich um, fährt eine vorgegebene Zeit zurück und setzt das Frachtstück wieder ab.



Abb. 148: Der Stapler I

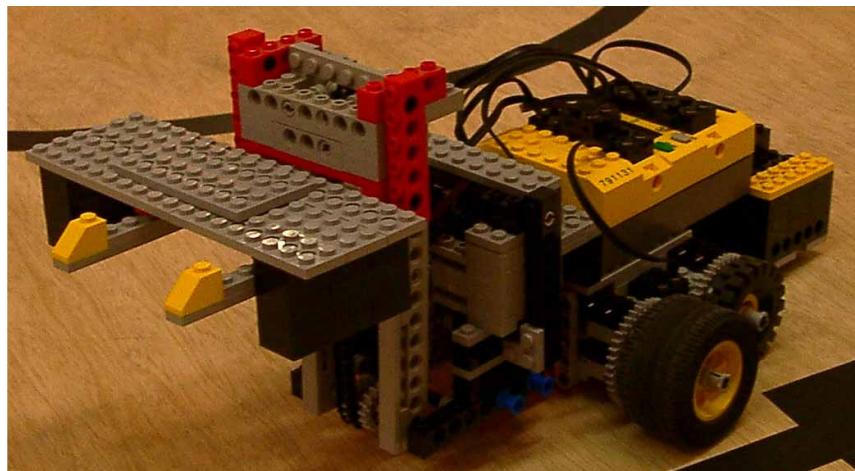


Abb. 149: Der Stapler II

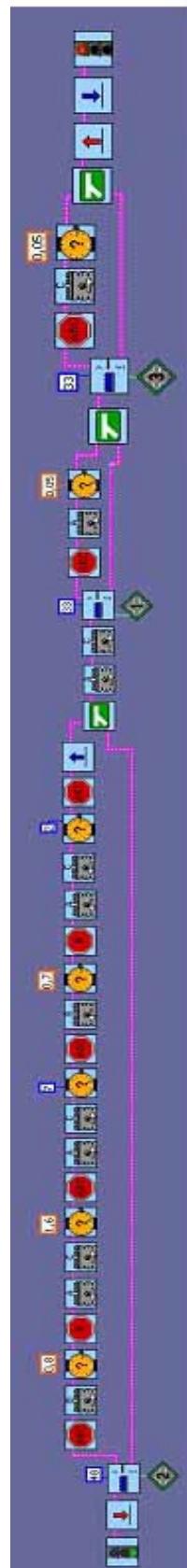


Abb. 150: Programm Stapler

## 9 Abbildungsverzeichnis

- Abb.1: Sortiereinsatz I (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxt-education-sets> (Juli 2007))
- Abb.2: Sortiereinsatz II (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxt-education-sets> (Juli 2007))
- Abb. 3: Kontrollbogen I (eigenes Bild)
- Abb. 4: Kontrollbogen II (eigenes Bild)
- Abb. 5: Testplattform I (eigenes Bild)
- Abb. 6: Testplattform II (eigenes Bild)
- Abb. 7: Der Basisroboter (Quelle: LEGO MINDSTORMS® education Begleitheft Seite 2)
- Abb. 8: Klassisches System (eigenes Bild)
- Abb. 9: Neues System (eigenes Bild)
- Abb. 10: Der Flippertisch (eigenes Bild)
- Abb. 11: Die NXT-Einheit mit Display- und Anschluss-Erläuterungen (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/bilder/nxt-display-deu.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 12: NXT-Display „Try Me“  
(Quelle: <http://cache.lego.com/upload/contentTemplating/MindstormsOverview/images/2057/pic6B669E5A-BC3E-43D8-9E6C-9D9920E9ADA5.gif> (Juli 2007))
- Abb. 13: NXT-Display „View“ (Quelle: LEGO MINDSTORMS® education, NXT User Guide, Seite 18)
- Abb. 14: NXT-Display „NXT-Display“ (Quelle: LEGO MINDSTORMS® education, NXT User Guide, Seite 15)
- Abb. 15: Der Basisroboter (eigenes Bild)
- Abb. 16: NXT-Display Sensor- und Aktoranschlüsse (eigenes Bild)
- Abb. 17: NXT-Display „Programmieren“ (eigenes Bild)

- Abb. 18: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 19: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 20: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 21: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 22: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 23: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 24: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 25: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 26: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 27: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 28: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 29: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 30: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 31: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 32: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 33: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 34: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 35: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 36: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 37: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 38: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 39: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 40: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 41: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 42: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 43: NXT-Programmbefehl (eigenes Bild)  
Abb. 44: Programmierbeispiel Berührungssensor (eigenes Bild)  
Abb. 45: Programmierbeispiel Geräuschsensor (eigenes Bild)  
Abb. 46: Programmierbeispiel Lichtsensor (eigenes Bild)  
Abb. 47: Programmierbeispiel Ultraschallsensor (eigenes Bild)  
Abb. 48: Die Programmieroberfläche von LEGO MINDSTORMS®  
(eigenes Bild)  
Abb. 49: Auswahl der Programmierpaletten (eigenes Bild)  
Abb. 50: Der Controler (eigenes Bild)

- Abb. 51: Konfigurationseinheit des Bewegungs-Blocks (eigenes Bild)
- Abb. 52: Konfigurationseinheit des Warten-Blocks (eigenes Bild)
- Abb. 53: Der Bewegungs-Block (eigenes Bild)
- Abb. 54: Der Aufnahme/Abspiel-Block (eigenes Bild)
- Abb. 55: Der Klang-Block (eigenes Bild)
- Abb. 56: Der Anzeige-Block (eigenes Bild)
- Abb. 57: Die Warten-Auswahl (eigenes Bild)
- Abb. 58: Die allgemeine Palette (eigenes Bild)
- Abb. 59: Der „Warten auf Zeit-Block“ (eigenes Bild)
- Abb. 60: Der „Warten auf Druck-Block“ (eigenes Bild)
- Abb. 61: Der „Warten auf Licht-Block“ (eigenes Bild)
- Abb. 62: Der „Warten auf Klang-Block“ (eigenes Bild)
- Abb. 63: Der „Warten auf Distanz-Block“ (eigenes Bild)
- Abb. 64: Der Schleifen-Block (eigenes Bild)
- Abb. 65: Der Schaltblock (eigenes Bild)
- Abb. 66: Die allgemeine Palette (eigenes Bild)
- Abb. 67: Der Allgemeine Palette-Button (eigenes Bild)
- Abb. 68: Der Aktion-Button (eigenes Bild)
- Abb. 69: Der Sensoren-Button (eigenes Bild)
- Abb. 70: Der Ablauf-Button (eigenes Bild)
- Abb. 71: Der Daten-Button (eigenes Bild)
- Abb. 72: Der Große Funktionsumfang-Button (eigenes Bild)
- Abb. 73: Die Vollständige Palette (eigenes Bild)
- Abb. 74: Das Aktionsblöckemenü (eigenes Bild)
- Abb. 75: Der Motoren-Block (eigenes Bild)
- Abb. 76: Der Klang-Block (eigenes Bild)
- Abb. 77: Der Anzeige-Block (eigenes Bild)
- Abb. 78: Der Nachrichtensende-Block (eigenes Bild)
- Abb. 79: Der Motor\*-Block (eigenes Bild)
- Abb. 80: Der Lampen\*-Block (eigenes Bild)
- Abb. 81: Das Sensorblöckemenü (eigenes Bild)
- Abb. 82: Der Berührungsensor-Block Eigenes Bild)
- Abb. 83: Der Geräuschsensor-Block (eigenes Bild)

- Abb. 84: Der Lichtsensor-Block (eigenes Bild)  
Abb. 85: Der Ultraschallsensor-Block (eigenes Bild)  
Abb. 86: Der NXT-Tasten-Block (eigenes Bild)  
Abb. 87: Der Drehsensor-Block (eigenes Bild)  
Abb. 88: Der Timer-Block (eigenes Bild)  
Abb. 89: Der Nachrichteneingangs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 90: Der Berührungsblock\*-Block (eigenes Bild)  
Abb. 91: Der Drehsensor\*-Block (eigenes Bild)  
Abb. 92: Der Lichtsensor\*-Block (eigenes Bild)  
Abb. 93: Der Temperatursensor\*-Block (eigenes Bild)  
Abb. 94: Das Ablaufblöckemenü (eigenes Bild)  
Abb. 95: Der Stop-Block (eigenes Bild)  
Abb. 96: Das Ablaufblöckemenü (eigenes Bild)  
Abb. 97: Der Logik-Block (eigenes Bild)  
Abb. 98: Der Mathe-Block (eigenes Bild)  
Abb. 99: Der Vergleichs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 100: Der Bereichs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 101: Der Zufalls-Block (eigenes Bild)  
Abb. 102: Der Variablen-Block (eigenes Bild)  
Abb. 103: Das Großer Funktionsumfangsmenü (eigenes Bild)  
Abb. 104: Der Text-Block (eigenes Bild)  
Abb. 105: Der Zahl-Text Konvertierungs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 106: Der Lebenserhaltungs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 107: Der Dateizugriffs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 108: Der Kalibrierungs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 109: Der Motorzurücksetzungs-Block (eigenes Bild)  
Abb. 110: Die eigene Palette (eigenes Bild)  
Abb. 111: Die eigenen Blöcke (eigenes Bild)  
Abb. 112: Der Web-Download-Block (eigenes Bild)  
Abb. 113: Programmierbeispiel1 „Fahren und Wenden“ (eigenes Bild)  
Abb. 114: Programmierbeispiel2 „Über die Wand kann ich nur lachen“ (eigenes Bild)  
Abb. 115: Programmierbeispiel3 „Zufallsdrehung“ (eigenes Bild)

- Abb. 116: Programmierbeispiel4 „Sensoren im Einsatz“ (eigenes Bild)
- Abb.117: Sensoren und Aktoren am NXT (Quelle:  
<http://www.russellbeattie.com/notebook/images/2006/01/nxtbrick.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 118: Der Berührungssensor (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/bilder/beruehrung.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 119: Schaltplan Berührungssensor (eigenes Bild)
- Abb. 120: Der Geräuschsensor (Quelle: <http://81.169.177.144:9090/produkte/40303.230.217.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 121: Schaltplan Geräuschsensor (eigenes Bild)
- Abb. 122: Der Lichtsensor (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/bilder/licht.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 123: Schaltplan Lichtsensor (eigenes Bild)
- Abb. 124: Der Ultraschallsensor (Quelle: <http://www.nxt-in-der-schule.de/bilder/ultraschall.jpg> (Juli 2007))
- Abb. 125: Funktionserläuterung des Ultraschallsensors (eigenes Bild)
- Abb. 126: Die NXT-Tasten (eigenes Bild)
- Abb. 127: Motor mit integriertem Drehsensor (Quelle:  
[http://lego.brandls.info/nxt\\_motor.jpg](http://lego.brandls.info/nxt_motor.jpg))
- Abb. 128: Schema des Motors mit Drehsensor (Quelle:  
[http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.nxt-in-derschule.de/bilder/motor\\_technisch.jpg&imgrefurl=http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxthardware/motoren&h=199&w=391&sz=55&hl=de&start=36&um=1&tbnid=OqjAB0NgTH1LM:&tbnh=63&tbw=123&prev=/images%3Fq%3Dnxt%2Bmotor%26start%3D36%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN](http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.nxt-in-derschule.de/bilder/motor_technisch.jpg&imgrefurl=http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxthardware/motoren&h=199&w=391&sz=55&hl=de&start=36&um=1&tbnid=OqjAB0NgTH1LM:&tbnh=63&tbw=123&prev=/images%3Fq%3Dnxt%2Bmotor%26start%3D36%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN) (Juli 2007))
- Abb. 129: Symbol für den Timer (eigenes Bild)
- Abb. 130: Symbol für den Bluetooth™-Empfang (eigenes Bild)

- Abb. 131: Schema des Servomotors (Quelle:  
[http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.nxt-in-derschule.de/bilder/motor\\_technisch.jpg&imgrefurl=http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxthardware/motoren&h=199&w=391&sz=55&hl=d&start=36&um=1&tbnid=OqjAB0NgTH1LM:&tbnh=63&tb nw=123&prev=/images%3Fq%3Dnxt%2Bmotor%26start%3D36%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN](http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.nxt-in-derschule.de/bilder/motor_technisch.jpg&imgrefurl=http://www.nxt-in-der-schule.de/lego-mindstorms-education-nxt-system/nxthardware/motoren&h=199&w=391&sz=55&hl=d&start=36&um=1&tbnid=OqjAB0NgTH1LM:&tbnh=63&tb nw=123&prev=/images%3Fq%3Dnxt%2Bmotor%26start%3D36%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN) (Juli 2007))
- Abb. 132: Lautsprecher (Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Lautsprecher#Geschichte\\_des\\_Lautsprechers](http://de.wikipedia.org/wiki/Lautsprecher#Geschichte_des_Lautsprechers) (Juli 2007))
- Abb. 133: Das NXT-Display (eigenes Bild)
- Abb. 134: Die Lampe (Quelle: <http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.fhsw.de/sw/fachb/mw/masch.bau/pages/LEGO/Layoutbilder/lampe.gif&imgrefurl=http://www.fh-sw.de/sw/fachb/mw/masch.bau/pages/LEGO/UAS.htm&h=95&w=117&sz=6&hl=de&start=0&um=1&tbnid=hB4fhz-geVXebM:&tbnh=71&tbnw=88&prev=/images%3Fq%3Drcx%2Blampe%26gbv%3D2%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Dde%26sa%3DN> (Juli 2007))
- Abb. 135: Symbol für den Bluetooth™-Versand (eigenes Bild)
- Abb. 136: Der Sortierer I (eigenes Bild)
- Abb. 137: Der Sortierer II (eigenes Bild)
- Abb. 138: Programm Sortierer (eigenes Bild)
- Abb. 139: Der Blinde Kuh-Roboter I (eigenes Bild)
- Abb. 140: Der Blinde Kuh-Roboter II (eigenes Bild)
- Abb. 141: Programm Blinde Kuh-Roboter (eigenes Bild)
- Abb. 142: Der Linienfolger (zwei Sensoren) I (eigenes Bild)
- Abb. 143: Der Linienfolger (zwei Sensoren) II (eigenes Bild)
- Abb. 144: Programm Linienfolger (zwei Sensoren)
- Abb. 145: Der Linienfolger (ein Sensor) I (eigenes Bild)
- Abb. 146: Der Linienfolger (ein Sensor) II (eigenes Bild)
- Abb. 147: Programm Linienfolger (ein Sensor) (eigenes Bild)
- Abb. 148: Der Stapler I (eigenes Bild)

Abb. 149: Der Stapler II (eigenes Bild)

Abb. 150: Programm Stapler (eigenes Bild)

## 10 Tabellenverzeichnis

Tab.1: Anschluss und Ausgabe zur „Try Me-Funktion“ (eigene Tabelle)

Tab.2: Anschluss und Ausgabe zur „View-Funktion“ (eigene Tabelle)

## 11 Literatur

- Beitz, W. / Grote, K.-H. (Hrsg.), Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag, 20. Auflage, Berlin 2001
- Hartmann, E./ Hein, Ch. (Hrsg.), Duden Technik – Basiswissen Schule, Paetec Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin und bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 2001
- LEGO Mindstorms® education Begleitheft 9797
- LEGO Mindstorms® education NXT User Guide

Ich, Michael Wittmann, versichere, dass ich die schriftliche Hausarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut entnommen wurden, habe ich in jedem Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für die beigegebenen Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Münster, den 09. August 2007

---

(Michael Wittmann)

Ich, Jörg Klan, versichere, dass ich die schriftliche Hausarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut entnommen wurden, habe ich in jedem Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für die beigegebenen Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Münster, den 09. August 2007

---

(Jörg Klan)