5 Weiterführende Themen der Programmierung

In diese Kapitel sollen weiterführende Themen der EV3-Programmierung betrachtet werden, die zum Beispiel bei Wettbewerben eingesetzt werden können (Linienverfolgung beim RoboCup Junior oder den WRO-Wettbewerben, Kommunikation für kooperative Roboter).

5.1 Linienverfolgung mit einem oder zwei Farbsensoren

In diesem Kapitel wird die klassische Betrachtung von neuen Programmierelementen verlassen, denn es kommen die verschiedenen bereits besprochenen Programmierelemente zum Einsatz, um einen Roboter einer Linie folgen zu lassen.

Dafür muss der Algorithmus für eine Linienverfolgung betrachtet werden. Grundlegend ist eine Linienverfolgung ein vergleichsweise einfaches Unterfangen, wenn der zugrunde liegende Algorithmus verstanden wird. Im Detail – vor allem bei Wettbewerben – können die Linienverfolgungen allerdings komplexer ausfallen, um zum Beispiel der Linie sanfter zu folgen oder Ähnliches. Dies wird in diesem Buch nur ansatzweise diskutiert.

Der entscheidende Algorithmus zum Folgen einer Linie basiert dabei auf der Annahme, dass der Roboter mit einem Farb-/Helligkeitssensor der Kante einer Linie folgt. Es wird nie direkt einer Linie gefolgt (das heißt, der Sensor ist genau auf der Linie), da der Roboter nicht entscheiden könnte, ob er nach links oder rechts ausgleichen muss, wenn der Sensor das Verlassen der Linie anzeigt. Wenn sich der Sensorwert allerdings auf eine Linienkante bezieht, bedeutet dies, dass der Roboter im Fall der Linienfarbe in die eine Richtung und im Fall der Untergrundfarbe in die andere Richtung ausgleichen muss. Der Roboter fährt somit »Schlangenlinien« beziehungsweise ruckelt an der Kante der Linie entlang.

Das folgende Schaubild verdeutlicht dieses Vorgehen am Beispiel einer schwarzen Linie auf weißem Grund:

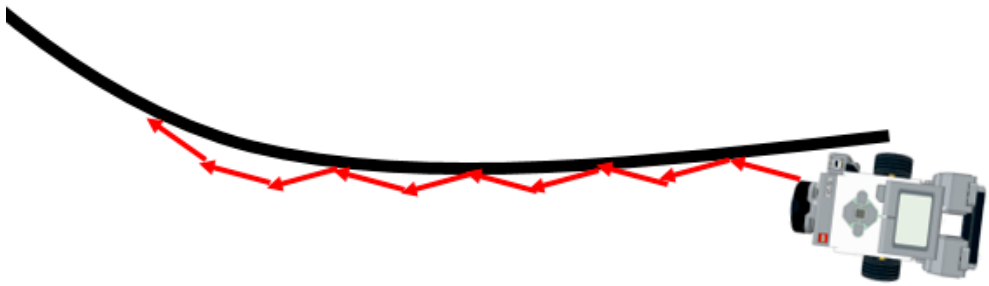

Abb. 5–1 // Linienverfolgung mit einem Farbsensor

Damit dies problemlos funktioniert, muss der Farbsensor circa 1 cm vom Boden entfernt sein, um die Farbinformation korrekt zu verarbeiten.

Eleganter wird die Linienverfolgung, wenn nicht die Linienfarbe für das Folgen herangezogen wird, sondern Helligkeitswerte genutzt werden. Dabei muss man wissen, dass die Sensoren von LEGO die Helligkeitswerte an einer Schwarz-Weiß-Grenze aufgrund des reflektierten Lichts berechnen. Wenn somit im Erfassungsbereich des Sensors mehr Schwarz als Weiß ist, wird daraus zum Beispiel ein 40-%-Helligkeitswert. Dieser Helligkeitswert kann somit für den Lenkausschlag genutzt werden – je weiter sich der Helligkeitswert vom Richtwert 50 % entfernt, desto stärker muss in die eine oder andere Richtung gelenkt werden. Dieses Vorgehen wird auch »proportionaler Linienverfolgungsalgorithmus« genannt und liefert wesentlich eleganter wirkende Fahrbewegungen, weil weniger harte Kurven auftreten.

Bei der Verwendung von Helligkeitswerten ist meist eine Kalibrierung vor der sinnvollen Nutzung der Sensoren notwendig, um den absoluten Schwarz- und Weiß-Wert zu bestimmen.

Aus Sicht der Programmierung wird dieser Algorithmus durch eine Schleife ausgedrückt, die bei jedem Schleifendurchlauf aufgrund der Farbwerte in die eine oder andere Richtung lenkt.

In vielen Anwendungsfällen ist allerdings die Linienverfolgung in der beschriebenen Art und Weise mit einem Sensor nicht ausreichend. Beispielsweise können Lücken in einer Linie oder Kreuzungen mit nur einem Sensor nicht erkannt werden. Bei einer Lücke würde der Roboter bei einer Verfolgung an der rechten Kante der Linie einfach eine Linkskurve machen, bis er wieder auf die Linie trifft und somit zurückfährt (180-Grad-Drehung).

Die Lösung liegt im Einsatz von zwei Farbsensoren, die die Linie zwischen sich einschließen. Dabei muss der Abstand der Sensoren von der Linienbreite abhängig sinnvoll gewählt werden. Der große Vorteil beim Einsatz von zwei Sensoren ist, dass damit Lücken in der Linie überbrückt werden können und bei einer geraden Linie ein absolut gerades Fahren ohne weiteren Ausgleich möglich ist. Bei einer schwarzen Linie auf weißem Untergrund würde somit der Roboter bei zwei weißen Rückmeldungen vorwärtsfahren und bei einem schwarzen Farbwert in die entsprechende Richtung lenken. Das folgende Schaubild verdeutlicht auch dieses Vorgehen ansatzweise.

Abb. 5–2 // Linienverfolgung mit zwei Farbsensoren

Wenn beide Sensoren Schwarz melden, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass eine Kreuzung gefunden wurde. Dies kann allerdings auch bei einer rechtwinkligen Abzweigung passieren, wenn beide Sensoren einen Teil der Abbiegung der Linie erfassen (je nach Layout des Roboters). Die Reaktion darauf hängt von den äußeren Anforderungen ab und lässt sich pauschal nicht beantworten. Soll der Roboter zum Beispiel an einer Kreuzung immer rechts abbiegen oder soll er eine Kreuzung immer überfahren oder muss er weitere Informationen sammeln, um dies zu entscheiden. Beim RoboCup-Junior-Rescue-Line-Wettbewerb wird die Abbiegerichtung mit einem grünen Marker vor der Kreuzung gekennzeichnet. Bei Verwendung eines proportionalen Linienverfolgungsalgorithmus ist die gleichzeitige Auswertung einer weiteren Farbe (zum Beispiel das grüne Abbiegekennzeichen) relativ schwer mit dem gleichen Sensor, der auch für die Linienverfolgung genutzt wird, umzusetzen. Die LEGO-Farbsensoren können entweder die Helligkeit oder das Umgebungslicht messen oder eine Farberkennung machen. Ein permanentes Umschalten der verschiedenen Modi ist zwar möglich, liefert aber oft aufgrund der Trägheit der Sensoren nicht die gewünschten Ergebnisse. Somit müsste für derartige Anwendungsfälle in Kombination mit proportionalem Linienverfolgungsalgorithmus ein dritter Farbsensor für die Erkennung der Farbwerte genutzt werden.

Es gibt Spezialsensoren für das Folgen einer Linie, die aber bei vielen Wettbewerben nicht zugelassen sind und deshalb in diesem Buch auch nicht behandelt werden.

Für die Linienverfolgung sind die folgenden Aufgaben in diesem Kapitel zu lösen. Für die Aufgaben mit zwei Farbsensoren ist ein zusätzlicher Farbsensor notwendig, der in einem für die Breite der Linie sinnvollen Abstand zum ersten Sensor am Roboter anzubringen ist.

ID	Aufgabenstellung
A511	Linienverfolgung mit einem Farbsensor
A512	Linienverfolgung mit zwei Farbsensoren
A513	Proportionaler Linienverfolgungsalgorithmus mit einem Farbsensor
A514	Proportionaler Linienverfolgungsalgorithmus mit zwei Farbsensoren